

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta Strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Technická diagnostika jízdního kola

The technical diagnostics of the bicycle

Diplomová práce

Student:

Bc. Marek Hon

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Blata, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Marek Hon**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Technická diagnostika jízdního kola**
The Technical Diagnostics of the Bicycle

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Nedestruktivní diagnostika je důležitou oblastí technické diagnostiky, která má široké uplatnění při odhalování povrchových i podpovrchových necelistvostí a trhlin. Zabývejte se proto možnostmi použití nedestruktivních, ale i bezdemontážních metod při diagnostice technického stavu a konstrukčním návrhu jízdních kol. Využijte výsledky měření na následné možnosti optimalizace konstrukce nebo výrobních postupů.

V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
2. Ideově technický návrh řešení dané problematiky.
3. Zpracujte aplikaci na daný objekt.
4. Proved'te potřebná měření.
5. Proved'te konkrétní provozní vyhodnocení.

Podrobnější specifikaci zadání nebo jeho úpravy provede vedoucí práce.
Rozsah práce min. 45 stran textu.

Seznam doporučené odborné literatury:

VĚCHET, M. a kol.: *Defektoskopie v otázkách a odpovědích* SNTL Praha 1989, 1. vydání, 323 s., ISBN 80-03-00100-5.

ČSN EN 15617 (051185) *Nedestruktivní zkoušení svarů*.

KOPEC, B., ŠMÍD, R.: *Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí : Nauka o materiálu IV.* 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 571 s. ISBN 978-80-7204-591-4.

KREIDL, M.: *Senzory neelektrických veličin: Technická diagnostika.* 1.vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006. 406 s. ISBN 80-7300-158-6.

ULLMANN, J.: *Nedestruktivní zkoušení materiálů: všeobecné znalosti*. 1.vyd. Ostrava: PTS Josef Solnař, 1995. 43 s.

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: *Technická měření*. ČVUT v Praze 2003, 212 s., ISBN 80-01-02138-6

HELEBRANT, F. – ZIEGLER, J.: *Technická diagnostika a spolehlivost II – Vibrodiagnostika*. VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2004, 1. vydání, 178 s., ISBN 80 – 248 – 0650 – 9.


MILÁČEK, S.: *Měření a vyhodnocování mechanických veličin*. ČVUT v Praze 2001, 231 s., ISBN 80.01-02417-2

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

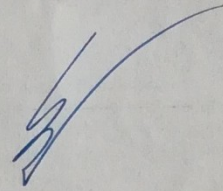
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jan Blata, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018


doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:.....

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....
Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Bc.Marek Hon

Adresa trvalého pobytu autora práce: Výškovická 2566/70, 700 30, Ostrava – Zábřeh

Anotace diplomové práce

HON, M. Bc. Technická diagnostika jízdního kola: Diplomová práce, Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta Strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, 80s. Vedoucí práce: Blata, J.

Diplomová práce se zaměřuje na technickou diagnostiku rámu jízdního kola Rock Machine Blizzard. Od firmy Rock Machine jsem dostal propůjčeny 2 vzorové kusy celoodpružených rámu Blizzard 2015, z nichž jeden měl na sedlové trubce 2 praskliny, jednu v místě napojení horní rámové trubky na trubku sedlovou a druhou v místě napojení sedlové trubky na trubku středového složení. Druhý rám byl úplně nový kus s vyztuženou partií kolem středového složení. V úvodu je popsána historie firmy a popis technické konstrukce rámu. Technickou diagnostiku rámu jsem provedl pomocí subjektivních i objektivních metod.

Annotation of master thesis

HON, M. Bc. The technical diagnostics of the bicycle: Master thesis, Ostrava: VŠB-Technical university of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2018, 80p. Thesis head: Blata, J.

Master thesis is focused on the technical diagnostics of the Rock Machine Blizzard bicycle frame. Rock Machine company lent me two of their full suspension frames Blizzard 2015, which one of them was cracked on two places, first around the connection of the top tube and the seat tube and the second one around the connection of the seat tube and bottom bracket. The second frame was the new one, with reinforcement around the bottom bracket. In the introduction is described the history of the Rock Machine company and the technical specification of the bicycle frame. The technical diagnostics was made both with subjective and objective methods.

Obsah

1. Úvod	10
2. Literární přehled	11
2.1. Bike Fun International s.r.o. a Rock Machine	11
2.2. Technická diagnostika	12
2.3. Metody technické diagnostiky	13
2.3.1. Objektivní diagnostické metody	13
2.3.2. Subjektivní diagnostické metody	14
2.4. Nedestruktivní diagnostika	14
2.4.1. Zkouška ultrazvukem	14
2.4.2. Zkouška rentgenem	16
2.4.3. Metoda vířivých proudů	17
2.4.4. Kapilární zkouška	18
2.4.5. Magnetická zkouška	19
2.4.6. Vizuální metody	19
2.4.7. Infračervené metody	20
2.4.8. Optická holografie	20
3. Rám kola Rock Machine Blizzard	21
3.1. Materiál rámu Rock Machine Blizzard	21
3.2. Konstrukční provedení	24
3.3. Technologie výroby	25
4. Technická norma pro testování rámu jízdního kola	28
4.1. Norma pro konstrukci rámu jízdního kola ČSN EN ISO 4210:2016	28
4.2. Okrajové podmínky pro konstrukci rámu jízdního kola	29
4.3. Kapitola 4.1 ČSN EN ISO 4210-6: Nárazové zkoušky (padající hmota)	29
4.4. Kapitola 4.2 ČSN EN ISO 4210-6: Nárazové zkoušky (padající rám)	31
4.5. Kapitola 4.3 ČSN EN ISO 4210-6: Únavové zkoušky se silami od šlapání	33

4.6.	Kapitola 4.4 ČSN EN ISO 4210-6: Únavová zkouška s horizontální silou.....	34
4.7.	Kapitola 4.5 ČSN EN ISO 4210-6: Únavová zkouška s vertikální silou.....	36
5.	Technická diagnostika rámu jízdního kola	38
5.1.	Vizuální kontrola rámu	38
5.2.	Nedestruktivní diagnostika – Rentgen	44
5.3.	Snímky z rentgenu CERAM 235	51
5.4.	Nedestruktivní diagnostika – Metoda vířivých proudů.....	60
6.	Testování rámu v laboratorních podmínkách	64
6.1.	Cyklická únavová zkouška dle ČSN EN ISO 4210-6.....	64
6.2.	Kapilární zkouška dle ČSN EN ISO 3452-2.....	68
7.	Závěr	72
8.	Poděkování	73
9.	Seznam obrázků a tabulek	74
10.	Použitá literatura	77
11.	Přílohy	78

Zkratka	Význam
MPa	megapascal
GPa	megapascal
s	sekunda
mm	milimetr
kg	kilogram
N	Newton
V	volt
kV	kilovolt
mA	miliamper
W	watt
°C	stupeň Celsia
MHz	megahertz
UV	Ultra Violet
RH	relativní vlhkost

1. Úvod

Předmětem mé diplomové práce je technická diagnostika celoodpružených ráků Rock Machine Blizzard modelového ročníku 2015. Tyto ráky měly problémy se vznikem prasklin v oblasti středového složení a napojení horní rámové a sedlové trubky.

Práci jsem rozdělil do několika kapitol. První kapitolou je úvod k práci. Ve druhé kapitole ve zkratce seznámím s firmou Rock Machine vývojářem, výrobcem a prodejcem ráků. Dále pak s rozdělením technické diagnostiky jako samotného vědního oboru. Třetí kapitola se věnuje technickému popisu rámu a materiálu, ze kterého je rám vyroben, jeho konstrukčnímu provedení a použitým technologiím při výrobě. Čtvrtá kapitola se věnuje seznámení s technickou normou pro návrh a diagnostiku rámu jízdního kola. Pátá kapitola je o samotné technické diagnostice, subjektivní i objektivní. Šestá kapitola se zabývá zkouškám v laboratorních podmínkách.

Pomocí diagnostických metod subjektivních a objektivních zjistím, zda se jedná o konstrukční problém či problém technologického postupu při výrobě rámu. Technickou diagnostikou svárů se určí, jaký typ lomu v místě prasklin vzniká a z něj se předběžně určí příčina vzniku těchto prasklin. Následně doporučím typ úpravy pro odstranění těchto defektů.

2. Literární přehled

2.1. Bike Fun International s.r.o. a Rock Machine



Obr. 1 Logo firmy Bike Fun International s.r.o.

Bike Fun International s.r.o. (BFI) je společnost založená v roce 2001 a je vlastněna ze 100% holandskými investory. Pod jejími křídly u nás pracují 2 výrobci jízdních kol, a to Superior a Rock Machine. Společně mají firmy kapacitu na výrobu přibližně 200 000 kol ročně. V řadách firmy je v současnosti bezmála 400 zaměstnanců. Firma se zaměřuje na výrobu veškerých typů jízdních kol, od horských, přes trekkingové a crossové, silniční a dětské až po stále populárnější kategorii elektrokol. Výrobní sortiment zahrnuje i kola vyrobená z karbonových vláken a kola celoodpružená vyšších tříd.

Firma Rock Machine je česká firma zabývající se výrobou a prodejem kol již od roku 1994. Heslem firmy je „Kola Rock Machine byla vybroušena z kamene v diamant a stala se perfektními a precizními stroji, které Vás dovedou na místa, kde začíná zábava, svoboda a nekončící dobrodružství“. Sídlo firmy je v prostorech areálu Tatra Kopřivnice a sousedí se sesterskou značkou Superior.

V sídle firmy probíhá veškerý vývoj kol od konstrukce až po design. Samotná výroba rámu pak probíhá v Asii pod dohledem zástupců firmy s přísnou vstupní a výstupní kontrolou všech komponentů. K finální kompletaci jízdních kol se pak opět využívají prostory v areálu Tatra Kopřivnice v České Republice s nároky na 100% kvalitu výrobku.

Firma je v posledních letech velmi progresivní, co se týká vývoje, přichází s neustálými inovacemi v konstrukci a použitých výrobních technologiích pro zlepšení výrobních procesů na všech úrovních firmy.



Obr. 2 Logo firmy Rock Machine

2.2. Technická diagnostika

Technická diagnostika je vědním oborem, který se zabývá specifickými metodami a postupy zjišťujícími jejich technický stav a vlastnosti zařízení. Jedná se o soubor preventivních činností k maximalizaci efektivnosti výroby a používání výrobních zařízení.

Diagnostika má za cíl:

- zvýšení životnosti
- maximalizaci spolehlivosti (minimalizování prostojů)
- predikci poruch a plánování odstraňování těchto poruch
- minimalizaci energetických nároků (teplo, tření, vibrace, rezonance apod.)
- minimalizace nákladů na servis strojních zařízení a výrobků, náhradních dílů

Technickou diagnostikou je soubor různých činností preventivních, prediktivních a proaktivních, prováděných na strojních zařízeních. Používá se nejčastěji v průmyslových firmách s jediným cílem a to maximalizovat období kdy strojní zařízení funguje bez výpadků. Spolu s tím souvisí také snížení výrobních nákladů. Náklady na výrobu lze také zmenšit minimalizací rizika výpadku provozně-kritického uzlu. Technickou diagnostiku tedy používáme pro zajištění pravidelné kontroly technického stavu stroje. V předepsaných časových intervalech se provádí měření, pomocí kterého vyhodnocujeme aktuální technický stav stroje. Pomocí TD jsme také schopni odhadnout nejdelší zbývající dobu do poruchy.

Technická diagnostika má několik podružných kategorií:

- Vibrodiagnostika a akustika – měření vibrací, kmitů
- Měření geometrie – souososti, rovinnosti, kolmosti, centricity
- Termografie – zjišťování zahřívání stroje a strojních součástí
- Elektrodiagnostika – pozorování poruch a chování elektrických strojů a sítí
- Tribologie – analýza stavu maziv (obsah nečistot, obsah vody, případně hořlavých látek)
- Nedestruktivní diagnostika –bezdemontážní diagnostika, zjišťování poruch pod povrchem materiálu (ultrazvuk, rentgen)

2.3. Metody technické diagnostiky

- Vizuální prohlídky
- Kapilární metody
- Magnetické práškové metody
- Ultrazvukové metody
- Radiodefektoskopické metody
- Infračervené metody
- Optická holografie

2.3.1. Objektivní diagnostické metody

Objektivní diagnostické metody používají moderní měřicí techniku a výsledkem je skutečná hodnota provozního parametru. Jedná se zejména o radiografické metody, ultrazvukové metody a metody defektoskopie pomocí vířivých proudů

2.3.2. Subjektivní diagnostické metody

Subjektivní diagnostické metody jsou zejména spjatý s jednoduchými metodami používanými v minulosti technické diagnostiky. Pozorují se u nich zejména typické vnější projevy různých defektů. Celá subjektivní diagnostika závisí na pocitu jednotlivce. U těchto metod je také třeba kvalifikovaného a zkušeného pracovníka. Spousta z těchto metod se však také uplatňuje i v současnosti, jelikož jsou levné a rychlé, v některých aplikacích jsou zcela nenahraditelné.

2.4. Nedestruktivní diagnostika

Nedestruktivní diagnostika (NDT) je nedílnou součástí technické diagnostiky. Zjišťujeme jí vnější i vnitřní vady každého konstrukčního uzlu. Ve strojírenství mají největší význam zkoušky defektoskopické, které zjišťují vady v materiálu.

Rozdělení defektoskopických zkoušek NDT podle umístění vady:

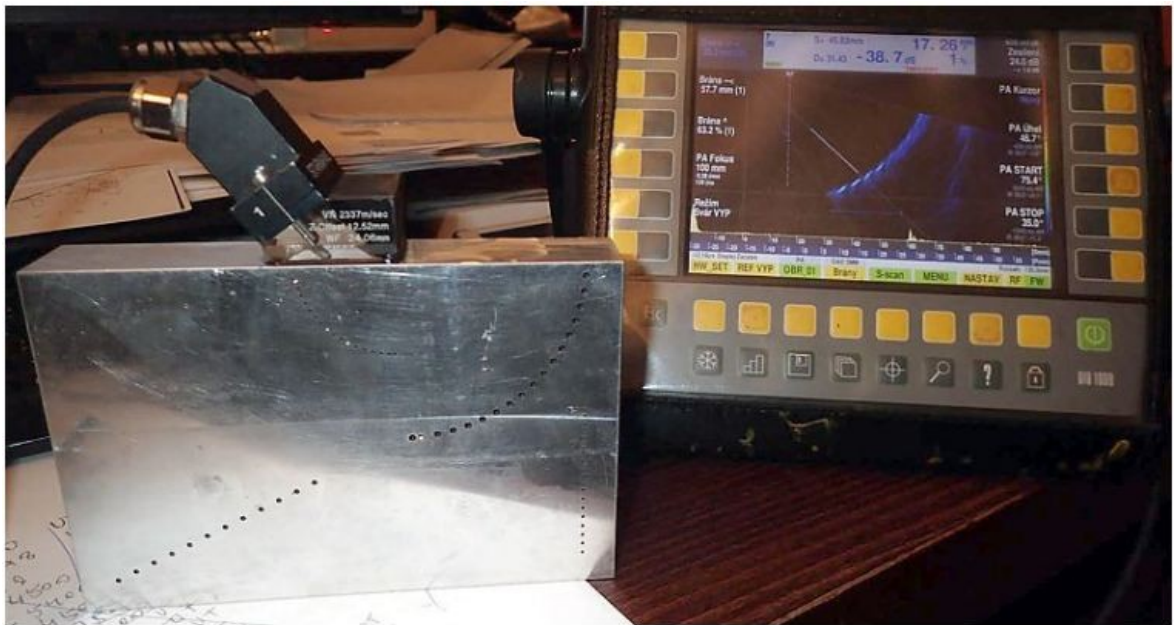
- Vnitřní vady – ultrazvukové zkoušky, prozařovací zkoušky
- Vnější vady – kapilární zkoušky, magnetické zkoušky

2.4.1. Zkouška ultrazvukem

U zkoušky ultrazvukem se využívá ultrazvukových vln, které se šíří přímočaře v homogenním prostředí. Na rozhraní 2 různých prostředí se však odráží a lámou (homogenní materiál – trhлина). Jde o mechanické kmitání částic kolem rovnovážné polohy šířící se v pružném prostředí s frekvencemi nad 20 kHz. U defektoskopie se běžně pracuje v pásmu od 100 kHz až do 50 MHz, výjimečně 200 MHz.

Ultrazvuk se hlavně používá jako metoda pro zjišťování plošných vnitřních vad materiálu, trhlín a zdvojenin. Také se používá ke zjišťování tloušťky stěn. Ultrazvuk je možné použít na kovové i nekovové materiály.

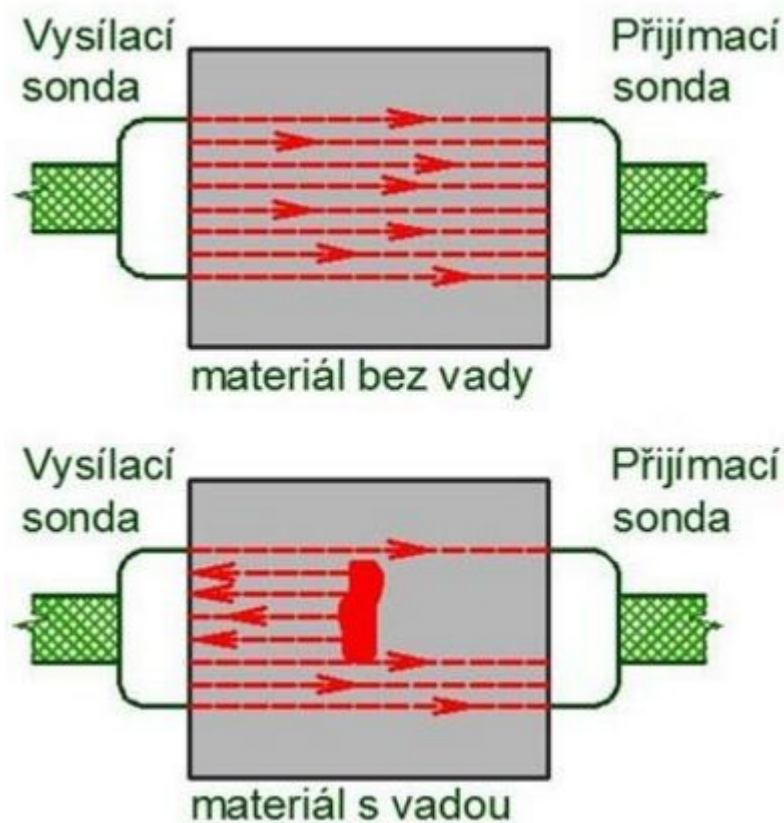
Ultrazvuková sonda vytváří ve zkoušeném materiálu mechanické kmitání. Kmitání se materiálem šíří jako zvuková vlna. Zvukové vlny se na rozhraní dvou prostředí odrazí a lze je sondou přijímat. Sonda je připojena k přístroji se zobrazovacím mechanismem, obraz se pak vyhodnocuje na obrazovce přístroje.



Obr. 3 Zkoušení materiálu ultrazvukem

Existují 2 metody zkoušek ultrazvukem:

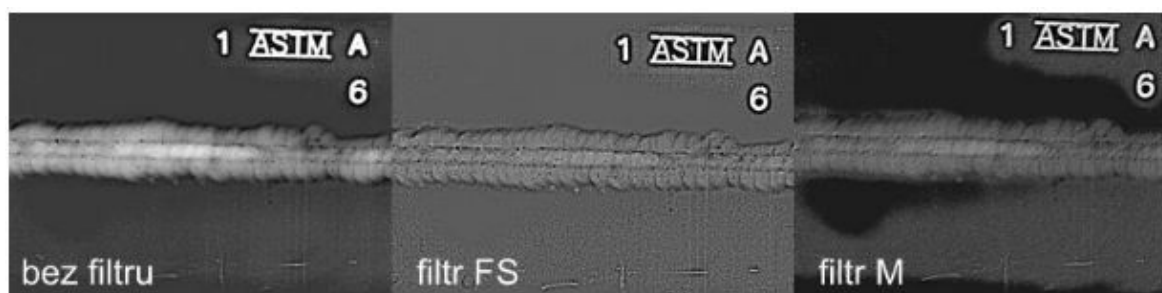
1. Odrazová metoda – Ultrazvuková vlna se do zkoušeného předmětu vysílá na jedné straně, vlna se v místě trhliny odráží zpět do přijímače.
2. Průchodová metoda – Ultrazvuková vlna prochází skrze celý zkoušený předmět a je přijímána přijímačem na opačné straně od vysílače. Měří se zeslabení signálu.



Obr. 4 Princip zkoušky ultrazvukem

2.4.2. Zkouška rentgenem

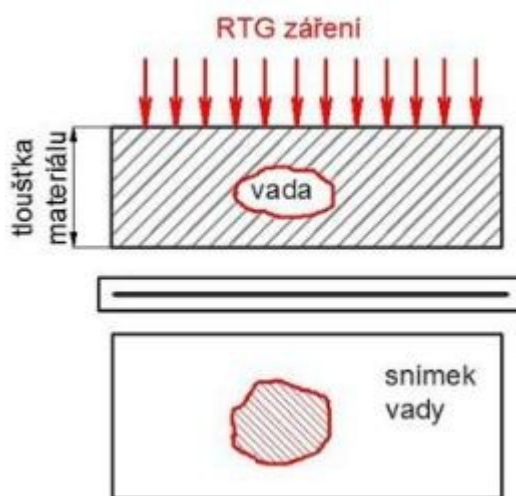
Prozařovací zkouška je založena na schopnosti rentgenového záření pronikat materiálem a oslabovat svou intenzitu v závislosti na tloušťce a hustotě materiálu. Vady se zobrazují na filmu jako světlé skvrny na tmavém pozadí.



Obr. 5 Film se zobrazením vady

Rentgen patří mezi nejrozšířenější tzv. objemové metody, kdy je zkoušce podroben celý průřez materiálu. Používá se především pro kontrolu svárů a odlitků. Principem je, že

se zkoušený materiál prozáří RTG lampou. Pod něj se umístí radiografický film, na němž se vytvoří snímek, který se po vyvolání vyhodnocuje.



Obr. 6 Princip zkoušky RTG

2.4.3. Metoda vířivých proudů

Metoda vířivých proudů je vhodná zejména pro povrchové a podpovrchové lokalizování defektů v kovech. S jejich pomocí se také stanovuje hloubka koroze konstrukcí z kovu a potrubí. Velkou výhodou této metody je vysoká citlivost na mikrotrhliny, opakovatelnost a vysoká rychlost provedení zkoušky. Zkouška nepotřebuje kontaktní vazební prostředí ani žádné jiné podpůrné detekční prostředky.

Pro aplikaci se nejdříve zkoumaný povrch zběžně očistí, nebo se mohou použít i bezdotykové skenovací metody. Bohužel použití je omezeno pouze na elektricky vodivé materiály. U podpovrchových defektů je lokalizace omezená hloubkou, do které dosáhne elektromagnetická vlna.



Obr. 7 Metoda vířivých proudů v praxi, s referenční destičkou

2.4.4. Kapilární zkouška

Kapilární zkoušky se používají ke zviditelnění jemných povrchových vad s pomocí kapilárních sil. Kapilární zkoušky se omezují pouze na vady propojené s povrchem materiálu. Mohou být využity pro zkoušení všech nepórovitých kovů, ale také nekovových materiálů. Rozpoznání defektu je nejčastěji vizuální, u fluorescenční metody lze využít

také CCD kamery. Největší výhodou kapilárních zkoušek je vysoká citlivost a také možnost zkoušení materiálů se složitou geometrií. V průmyslovém použití se staví kapilární linky pro rychlé zkoušení velkého množství vzorků.

Na zkoušený materiál se nanese indikační kapalina, která vnikne do všech povrchových vad. Přebytečná kapalina se setře a následně se nanese detekční látka, která má za úkol indikační kapalinu v místě vady zabarvit a indikovat tak vadu.



Obr. 8 Princip kapilární zkoušky

2.4.5. Magnetická zkouška

Magnetickou zkoušku je možno provést pouze u feromagnetických materiálů. Zjišťují se jí nepatrné trhliny na povrchu materiálu. Zaměřuje se na hledání hlavně povrchových a těsně podpovrchových vad. Maximální hloubkou zkoumání materiálu je 6mm.

Principem magnetické zkoušky jsou rozptylná pole. Zkoušený materiál je zmagnetizován a na jeho povrch se nanese feromagnetický prášek. Magnetické pole je narušeno v místě, kde je necelistvost (defekt) v materiálu. Zde také dochází k přitahování a seskupování feromagnetického prášku. Vada se takto zvýrazňuje.

2.4.6. Vizuální metody

Vizuální jsou základní a nejpoužívanější metodou nedestruktivních zkoušek. Je to první metoda kontroly materiálu, která je vždy aplikována. Slouží ke zjišťování vad a odchylek od tvaru.

Vizuální kontrola přímá je prováděna pouhým okem, případně se používají jednoduché optické pomůcky. Velkou výhodou vizuálních metod je jejich rychlost. S tím však souvisí vysoká pravděpodobnost omylu, jelikož jsou tyto metody založeny pouze na

subjektivním posudku zkoušeného vzorku. Podmínkou pro co nejkvalitnější posouzení je vzorek bez nečistot.

Vizuální kontrola nepřímá se provádí různými optickými přístroji, fotoaparáty, kamerami, byroskopy a endoskopy. Jejich vyhodnocení se pak věnuje kvalifikovaný pracovník v oboru.

2.4.7. Infračervené metody

Infračervená termografie je metoda pro zobrazování teplotních polí na zkoumaných objektech v reálném čase. Jedná se o bezdotykovou nedestruktivní metodu zobrazování povrchových i podpovrchových teplot. Používá se především k diagnostikování ložisek, kde se defekty projevují zvýšením teploty vadného uzlu.

2.4.8. Optická holografie

Holografie je perspektivní metoda záznamu optické informace a obsahuje úplné informace o vlně, tedy její amplitudě i fázi. Vyžaduje, aby bylo světlo chápáno jako vlnění o určité vlnové délce, z toho vyplývá, že má veličiny amplitudu a fázi. Optická holografie je založena na principu interference koherentního světla.

Využívá se u předmětů, jež odrážejí světlo ke zjištění mechanických deformací, tepelných deformací, vibrací a malých posuvů. Pro předměty, které jsou transparentní, se holografie používá pro zjišťování objemové nehomogenity (necelistvosti) nebo prostorový záznam částic v tekutinách.

3. Rám kola Rock Machine Blizzard

Rám jízdního kola Rock Machine Blizzard, ať jako provedení s 27,5“ nebo s 29“ koly, je rám horského kola s odpružením zadní stavby pomocí pneumaticko-olejového tlumiče. Jedná se o zástupce v poslední době velmi moderního pojetí jízdy na kole. Kategorie, do které rámy spadají, se označuje jako All Mountain, ve volném překladu jako kolo do jakéhokoliv terénu. Jsou určeny především pro sportovní jezdce, kteří vyhledávají jak výkon, tak i zážitky spojené s tímto druhem jízdy.

Odpružení zadního kola velmi přispívá k pohodlí při jízdě, zároveň však také přispívá k větší trakci zadního kola a lepšímu vedení kola. Samotný jezdec také těží ze snížení únavy, zejména na dlouhých tratích. Celoodpružená kola jsou v posledních letech velmi oblíbená, neboť s přesunem výroby do Asie se razantně snížila jejich tuzemská prodejní cena a jsou tak nyní dostupná každému zájemci.

3.1. Materiál rámu Rock Machine Blizzard

Materiál použitý na výrobu rámu výrobce označuje jako Al 6061.T6 Multibutted.



Obr. 9 Legenda k označení materiálu rámu

Jak označení napovídá, materiál rámu kola je ze slitiny hliníku s následnou tepelnou úpravou. Dodatek Multibutted označuje, že trubky, z nichž je rám svařen, jsou záměrně ve svém průřezu zeslabovány, nemají tedy konstantní tloušťku. Tím je dosaženo snížení hmotnosti celé konstrukce při zachování požadované pevnosti a tuhosti.

Chemické složení Al6061.T6	
Chemický prvek	Podíl hmotnosti v %
Al	95,8 - 98,6
Cr	0,04 - 0,35
Cu	0,15 - 0,4
Fe	max. 0,7
Mg	0,8 - 1,2
Mn	max. 0,15
Si	0,4 - 0,8
Ti	max. 0,15
Zn	max. 0,15
Ostatní prvky	max. 0,15

Tab. 1 Chemické složení slitiny Al6061.T6

Obecně se materiál Al6061 vyznačuje výbornými spojovacími vlastnostmi a také velmi dobrou přilnavostí povlaků. Kombinuje relativně vysokou pevnost, zpracovatelnost a vysokou odolnost vůči korozi. Je také velmi rozšířený mezi výrobci kol.

Používá se hlavně jako materiál na kování v leteckém průmyslu, bajonety fotoaparátů, spojky, kolíky, písty brzd, hydraulické písty, hydraulické válce a rámy jízdních kol.

Mechanické vlastnosti Al6061.T6	
Tvrdost dle Brinella	95
Tvrdost dle Knoop	120
Tvrdost dle Rockwella A	40
Tvrdost dle Rockwella B	60
Tvrdost dle Vickerse	107
Mez pevnosti	310 MPa
Mez pružnosti	276 MPa
Prodloužení při lomu (tloušťka materiálu 1,6 mm)	12%
Prodloužení při lomu (průměr materiálu 12,7 mm)	17%
Modul pružnosti	68,9 GPa
Vrubová pevnost	324 MPa
Poissonovo číslo	0,33
Mez únavy	96,5 MPa
Opracovatelnost (0-100 pro Al Slitiny)	50%
Modul ve střihu	26 GPa
Pevnost ve střihu	207 MPa

Tab. 2 Mechanické vlastnosti Al6061.T6

Tepelná úprava T6 je založena na rozpouštěcím žíhání a následném umělém stárnutí materiálu (vytvrzování na maximální pevnost):

- Rozpouštěcí žíhání: 525 – 535 °C po dobu 6 – 10 hodin, ochlazení ve vodě 20 – 50 °C
- Vytvrzování: 170 – 180 °C po dobu 8 hodin, ochlazení na vzduchu

Žihací pec pro úpravu materiálu na T6 je vybavena nucenou cirkulací vzduchu kvůli rovnoměrnému rozložení teplotního pole. Přesun do vodní lázně bývá zpravidla řízen automaticky a nepřesahuje 12 s. Tím je dosaženo přesné dodržení technologických postupů pro úpravu materiálu.

3.2. Konstrukční provedení

Oba rámy vychází ze stejné koncepce. O průběh odpružení se stará stejný systém FPS (Floating Pivot Suspension). Tento systém je patentovaný firmou Rock Machine. V oboru se toto konstrukční provedení řadí mezi virtuální. Zadní stavba je k rámu připojena pomocí 2 krátkých vahadel na průmyslových kuličkových ložiscích. Výhodou tohoto konstrukčního provedení je maximálně pevná zadní stavba, bez čepů které by omezovali její tuhost. Provedení také pozitivně působí na vliv šlapání, tahem řetězu je tlumič roztahován což vede k efektivní využití síly jezdce. Chod zadní stavby také není ovlivněn vlivem zadní kotoučové brzdy.

Bod jejich pomyslné spojnice vahadel se v průběhu chodu zadní stavby neustále mění (odtud virtuální) a mění tak charakteristiku. K hornímu vahadlu je přes vidličku na ložiscích připojen pneumaticko-olejový tlumič.



Obr. 10 Princip virtuálního zavěšení zadní stavby s vyznačenou pozicí virtuálního čepu v klidovém stavu (tlumič nestlačený)



Obr. 11 Virtuální zavěšení zadní stavby s vyznačenou pozicí virtuálního čepu při maximální zatížení rámu (tlumič zcela stlačený)

Předvedené vzorky jsou zástupci 2 různých konstrukčních provedení rámu.

Černý rám je vzorek původního konstrukčního provedení, na kterém nenajdeme žádné výztuhy. Rám je uzpůsoben pro použití momentálně největších kol dnes běžně na trhu a to 29“ kol. Tlumič o konstrukční délce 190 mm se zdvihem pístnice 51 mm poskytuje zadní stavbě zdvih 120 mm.

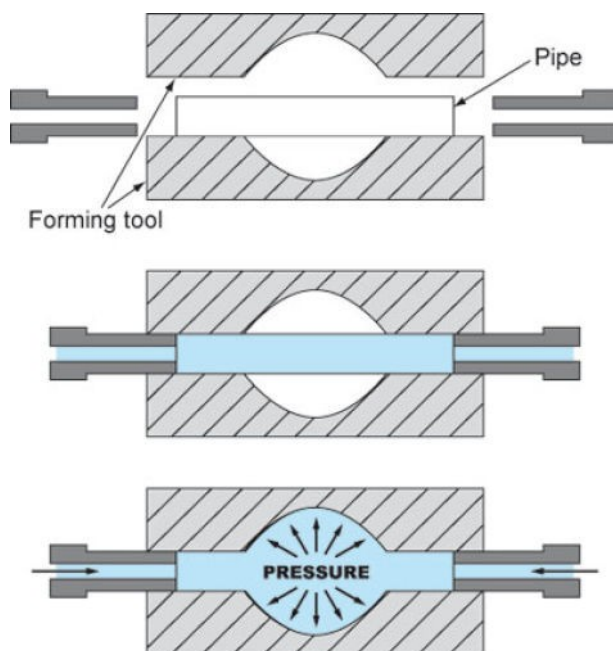
Oranžový rám je pozdější podoba sériového rámu. Po několika prasklých exemplářích původního konstrukčního provedení výrobce přidal výztuhu v oblasti pouzdra středového složení a spoje spodní rámové a sedlové trubky. Geometrie rámu je uzpůsobena pro použití 27,5“ kol se zdvihem zadní stavby 140 mm. O odpružení a tlumení zadní stavby se stará tlumič o konstrukční délce 200 mm se zdvihem pístnice 57 mm, který má horní montážní úchyt umístěný na spodní rámové trubce. Většího zdvihu je dosaženo změnou pákového poměru a zvýšenou délkou/zdvihem tlumiče.

3.3. Technologie výroby

Technologie pro výrobu polotovarů trubek, z nichž jsou rámy svařeny, se nazývá hydroforming. Jedná se o tvarování vnějších tvarů, ale i tloušťky stěn pomocí tlaku

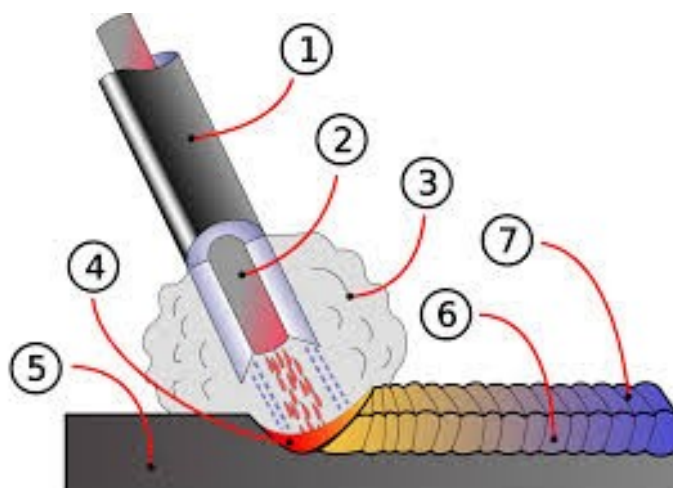
kapaliny. Polotovary trubky vloží do předem připravené formy a tlakem kapaliny o určité teplotě, nejčastěji oleje se tváří do požadovaného tvaru.

Hydroforming umožňuje tvořit složité geometrie, a dovolují tak vytvořit rámy neuvěřitelně lehké a odolné. Změnou vnějších tvarů a rozměrů trubky a návrhem uvážlivě rozložených hran a křivek se dá předurčit, jak se rám bude chovat při zatížení. Zesílením průřezu v blízkosti spojů se zvyšuje plocha svaru. Zeslabením ve střední části je rám odlehčený v místě nižšího napětí.



Obr. 12 Princip tváření trubek pomocí hydroformingu

Rámy jsou svařované technologií TIG/WIG (Tungsten Inert Gas/Wolfram Inert Gas) s číselným označením metody 141. Jedná se o technologii svařování v ochranné atmosféře s pevnou netavnou, nejčastěji wolframovou elektrodou. Polotovary trubek se upínají do svářecí stolice. Ta zajistí souosost a přesné usazení všech částí. Každý rám se následně po zavaření kontroluje kalibry na rozměrové odchylky.



Obr. 13 Schéma svařování technologií TIG/WIG

1. Svařovací pistole
2. Netavná Wolframová elektroda
3. Ochranná atmosféra inertního plynu
4. Lázeň roztaveného kovu
5. Svařovaný materiál
6. První svarová housenka
7. Druhá svarová housenka

Hotový, svařený rám se pak nechává vyžíhat v žíhací peci s následným ochlazením. Tepelná úprava zajišťuje stejnoměrnou strukturu materiálu v celém objemu. Dále se také tímto procesem zvyšuje mez pevnosti a mez kluzu materiálu.

4. Technická norma pro testování rámu jízdního kola

Rám je navržen dle technické normy ČSN EN ISO 14766, jež byla k 1.12.2015 nahrazena novou normou ČSN EN 4210:2015. I tato norma však byla aktualizována v roce 2016 normou ČSN EN ISO 4210:2016. Norma se zabývá specifikací testovacích metod pro veškeré dílčí konstrukční prvky jízdního kola.

4.1. Norma pro konstrukci rámu jízdního kola ČSN EN ISO 4210:2016

Norma ČSN EN ISO 4210:2016 se skládá z 9 částí:

ČSN EN ISO 4210-1: Termíny a definice

ČSN EN ISO 4210-2: Požadavky na městská a trekkingová jízdní kola, na jízdní kola pro mládež, na horská a závodní jízdní kola

ČSN EN ISO 4210-3: Obecné zkušební metody

ČSN EN ISO 4210-4: Zkušební metody pro brzdy

ČSN EN ISO 4210-5: Zkušební metody pro řízení

ČSN EN ISO 4210-6: Zkušební metody pro rám a vidlici

ČSN EN ISO 4210-7: Zkušební metody pro kola a ráfky

ČSN EN ISO 4210-8: Zkušební metody pro systém pohonu a pedálů

ČSN EN ISO 4210-9: Zkušební metody pro sedlo a sedlovku

Pro mou práci je nejdůležitější část této normy ČSN EN ISO 4210-2, ČSN EN ISO 4210-3 a ČSN EN ISO 4210-6.

Část normy ČSN EN ISO 4210-2 specifikuje vhodné metody diagnostiky rámu a odhalování prasklin, konkrétně v kapitole 4.4. Norma říká, že „Standardizované metody by měly být použity k zdůraznění přítomnosti defektů, kde jsou viditelné defekty specifikovány jako kritérium pro neúspěch v testech dle ČSN EN ISO 4210“.

Dále norma doplňuje, že vhodné metody odhalování defektů jsou kapilární, které jsou blíže specifikovány v normě Nedestruktivní zkoušení – Kapilární zkouška ČSN EN ISO 3452-1 (Obecné zásady), ČSN EN ISO 3452-2 (Kontrola kapilárních

prostředků), ČSN EN ISO 3452-3 (Kontrolní měřky) a ČSN EN ISO 3452-4 (Vybavení). Navíc může být také použita bílá barva nebo povrchová úprava k jednodušší detekci pro kompozitní materiály.

4.2. Okrajové podmínky pro konstrukci rámu jízdního kola

V normě ČSN EN ISO 4210-2 jsou také popsány okrajové podmínky pro návrh a testování pevnosti rámu jízdních kol. Kapitola 4.8.1 – Odpružené rámy – Speciální podmínky, říká, že design rámu musí být navržen tak, aby při defektu zadního tlumiče či pružiny, nedošlo ke kontaktu pláště s jakoukoliv další částí rámu nebo tak aby se mechanismus držící zadní kolo nemohl oddělit od zbytku rámu jízdního kola.

4.3. Kapitola 4.1 ČSN EN ISO 4210-6: Nárazové zkoušky (padající hmota)

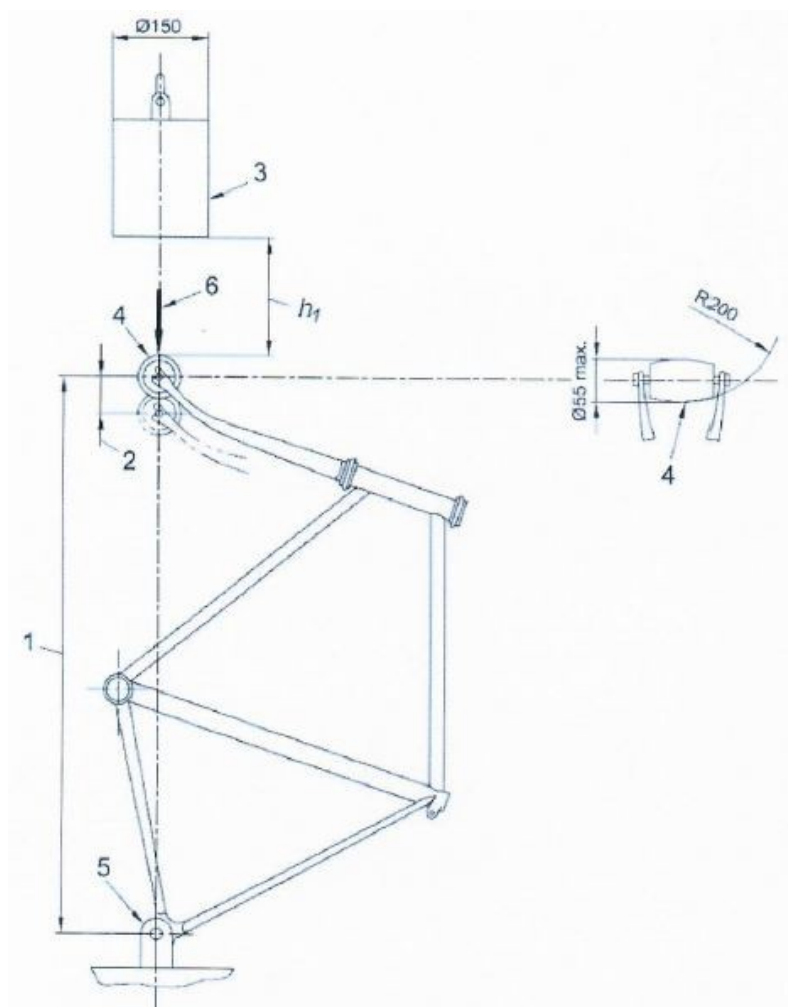
Kapitola 4.1 Rám – Nárazové zkoušky (padající hmota) popisuje, že po testování rámu dle ČSN EN ISO 4210-6, nesmí být na rámu žádné viditelné defekty a praskliny. Trvalá deformace měřená mezi osami kol (rozvor, viz obr.14) nesmí překročit následující hodnoty:

- a) 30 mm, když je namontována vidlice
- b) pokud je namontována testovací vidlice, jsou hodnoty určeny tabulkou

Typ jízdního kola	Městská a trekkingová kola	Dětská kola	Horská kola	Závodní kola
Trvalá deformace	10	10	10	15

Tab. 3 Hodnoty pro trvalou deformaci (padající hmota), rozměry v milimetrech

Princip zkoušky spočívá v pevném uchycení zadní osy do konstrukce se zafixovaným rámem kola ve svislé poloze. Vidlice při testování může být nahrazena pevnou ocelovou o stejných rozměrových parametrech jako vidlice na sériových jízdních kolech. Kladivo o hmotnosti 22,5 kg (dáno normou) se svisle volným pádem spouští na falešnou vidlici. Trvalá deformace pak nesmí překročit hodnoty dané Tab.3.



Legenda

- H_1 Výška pádu
- 1 Rozvor
- 2 Trvalá deformace
- 3 22,5 kg kladivo
- 4 Lehký válec (max. 1 kg)
- 5 Pevná vazba pro osu zadního kola
- 6 Směr dopadu kladiva

Obr. 14 Rám a vidlice, sestava pro nárazovou zkoušku (padající hmota), rozměry v milimetrech

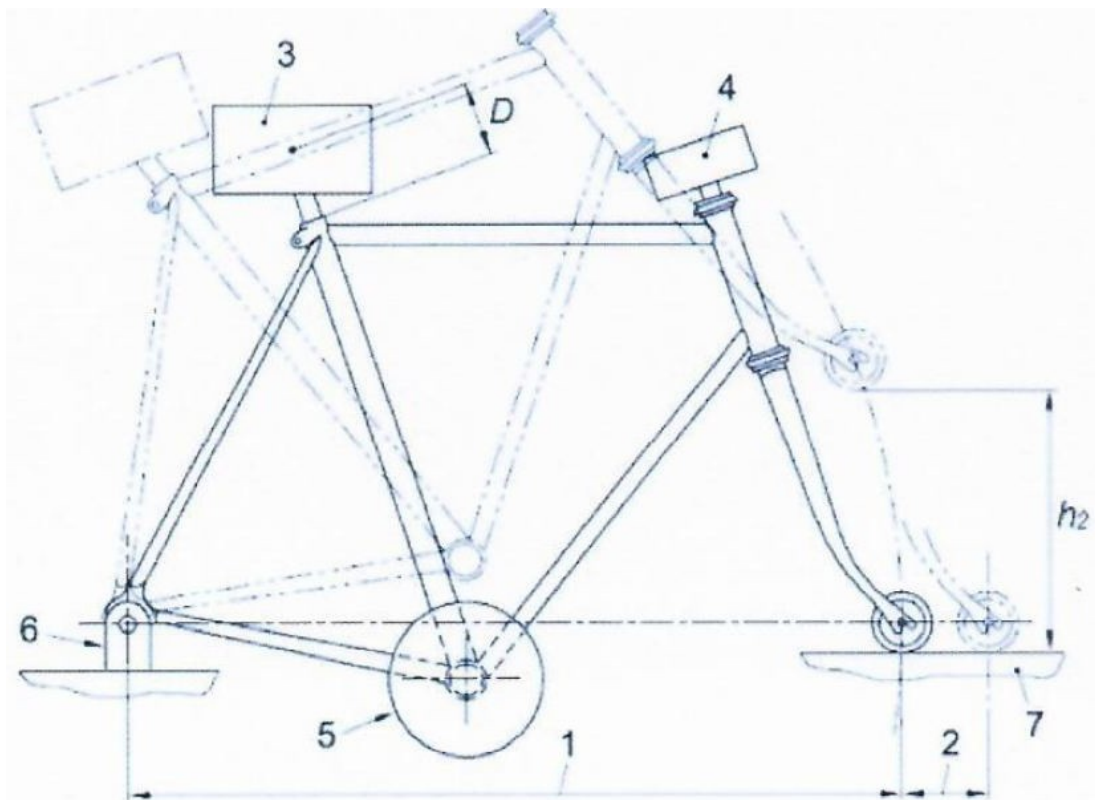
4.4. Kapitola 4.2 ČSN EN ISO 4210-6: Nárazové zkoušky (padající rám)

Kapitola 4.2 pojednává o Sestavě rámu a vidlice – nárazové zkoušky (padající rám). Pokud rám testujeme dle ČSN EN ISO 4210-6, nesmí se objevit žádné viditelné defekty a praskliny v sestavě a po druhém zkušebním pádu se nesmí žádná část odpruženého systému oddělit. Trvalá deformace mezi osami kol nesmí překročit hodnoty uvedené v Tab.4.

Typ jízdního kola	Městská a trekkingová kola	Dětská kola	Horská kola	Závodní kola
Trvalá deformace	60	60	60	15

Tab. 4 Hodnoty pro trvalou deformaci (padající rám), rozměry v milimetrech

Při zkoušce je rám uchycen opět za zadní osu, otočným spojením. Osa vidlice je uchycena posuvně ve vodorovné ose. Rám jízdního kola je zatížen na 3 různých místech závažími o předepsané hodnotě. Vidlice při zkoušce opět může být nahrazena testovací pevnou. Trvalá deformace nesmí překročit hodnoty stanovené normou pro daný typ rámu jízdního kola.



Legenda

- 1 Rozvor
- 2 Trvalá deformace
- 3 Zátěž 1 (M_1)
- 4 Zátěž 2 (M_2)
- 5 Zátěž 3 (M_3)
- 6 Pevná vazba pro osu zadního kola
- 7 Ocelová kovádlina
- D Vzdálenost těžiště
- h_2 Výška pádu

Obr. 15 Rám a vidlice, sestava pro nárazovou zkoušku (padající rám), rozměry v milimetrech

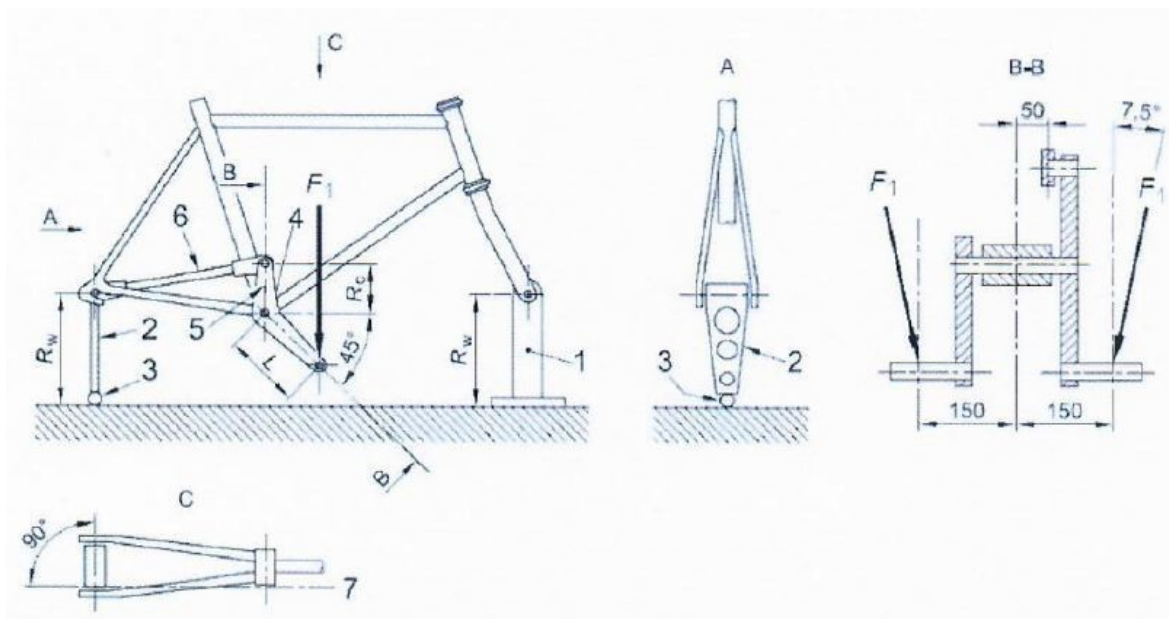
4.5. Kapitola 4.3 ČSN EN ISO 4210-6: Únavové zkoušky se silami od šlapání

V kapitole 4.3 Rám – Únavové zkoušky se silami od šlapání, se opět po zátěžové zkoušce na žádné části rámu nesmí objevit žádné defekty ani praskliny a také se nesmí oddělit žádná část odpruženého systému. Rám je zatěžován silou dle Tab.5. Touto zkouškou by měli být zkoušeny všechny rámy, počet cyklů je 100000.

Typ jízdního kola	Městská a trekkingová kola	Dětská kola	Horská kola	Závodní kola
Síla F_1	1000	1000	1200	1100

Tab. 5 Zatěžující síla na rám od šlapání, hodnoty v Newtonech

Zkouška je založena na cyklickém zatěžování, simulujícího sílu od jezdce při šlapání. Rám je pevně uchycen za přední i zadní osu kol. Rameno představující kliky je pevně spojeno se zadní osou rámu a je zatěžováno silou předepsanou v normě.



Legenda

- R_w Výška pevného montážního bodu
- R_c Délka vertikálního ramena (75 mm)
- L Délka náhrady kliky (175 mm)
- 1 Pevný spoj
- 2 Vertikální montážní bod
- 3 Kloubový spoj
- 4 Sestava adaptéru
- 5 Vertikální rameno
- 6 Táhlo
- 7 Osa táhla

Obr. 16 Rám a vidlice, sestava pro zkoušku zatížením od šlapání, rozměry v milimetrech

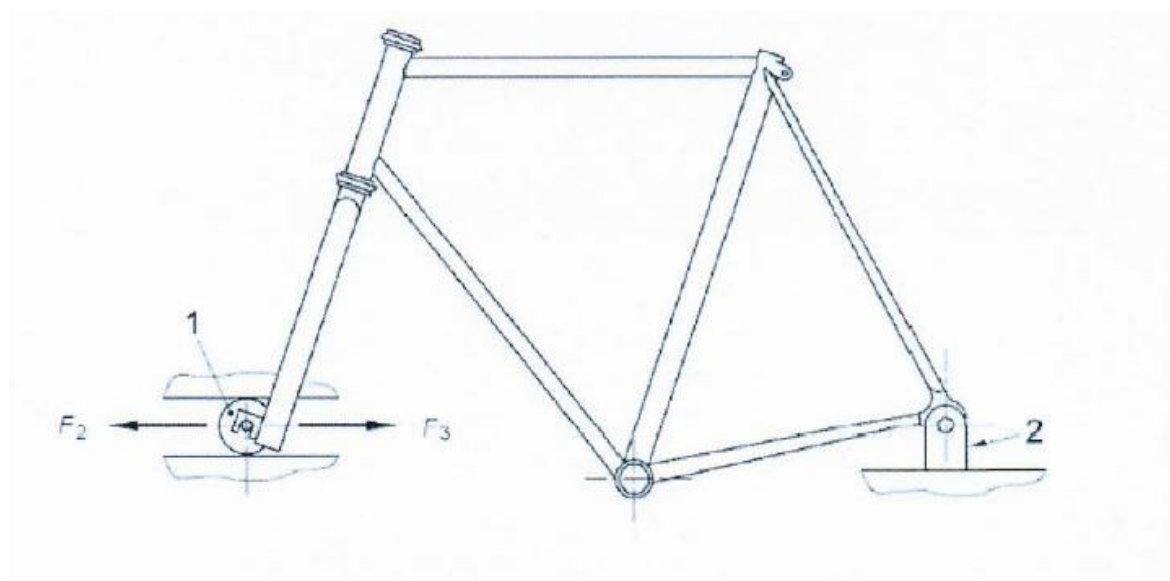
4.6. Kapitola 4.4 ČSN EN ISO 4210-6: Únavová zkouška s horizontální silou

Zkouška popisovaná v kapitole 4.4 je založena na cyklickém namáhání rámu jízdního kola a to horizontální silou. Prvky rámu jsou ustaveny tak, aby v konstrukci vznikaly od zatížení maximální síly. Zatěžována je osa předního náboje. Testovaný rám je zatěžován silou dle normy, přehled je uveden v Tab.6.

Typ jízdního kola	Městská a trekkingová kola	Dětská kola	Horská kola	Závodní kola
Vpřed působící síla F_1	450	450	1200	600
Vzad působící síla F_2	450	450	600	600
Počet cyklů C_1	100000	100000	50000	100000

Tab. 6 Zatěžující síla na osu předního kola a počet cyklů pro daný typ jízdního kola, hodnoty v Newtonech

Touto zkouškou se zejména testuje pevnost hlavové partie rámu s uložením přední vidlice, tedy spoje, který je jeden z nejdůležitějších pro správnou a bezpečnou funkci rámu kola.



Legenda

- 1 Posuvná vedená kladka
- 2 Pevná vazba osy zadního kola
- F_2 Síla působící vpřed
- F_3 Síla působící vzad

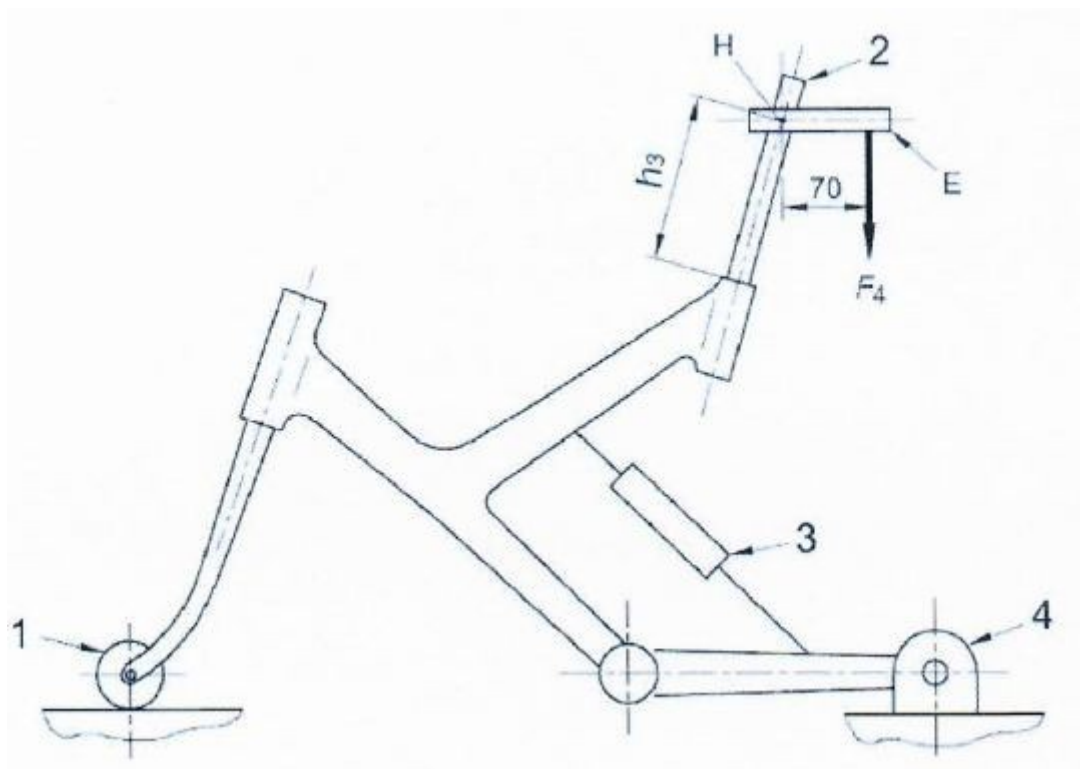
Obr. 17 Sestava rámu a vidlice pro cyklickou únavovou zkoušku s horizontálně působící silou

4.7. Kapitola 4.5 ČSN EN ISO 4210-6: Únavová zkouška s vertikální silou

V kapitole 4.5 je popsána cyklická únavová zkouška s vertikální silou. Pro zkoušku je dle normy zajistit, aby rám, pokud má nějaké nastavení, byl nastaven tak aby síly vzniklé v jeho konstrukci byly maximální. Odpružený rám musí mít odpružení uzamčené, případně tlumič nahrazen pevným dílem o stejných konstrukčních rozměrech. Počet cyklů pro úspěšné splnění zkoušky je předepsán na 50000. Po vykonání stanoveného počtu cyklů nesmí být na rámu žádné viditelné známky poškození.

Typ jízdního kola	Městská a trekkingová kola	Dětská kola	Horská kola	Závodní kola
Síla F4	1000	500	1200	1200

Tab. 7 Zatěžující síla na sedlovou trubku, hodnoty v Newtonech



Legenda

- E Horizontální vysunutí
- H Pozice ekvivalentní ke středu sedla
- 1 Posuvná kladka
- 2 Ocelová trubka
- 3 Zamknutá jednotka pružení nebo pevná vzpěra
- 4 Pevná vazba, otočný bod pro montáž zadní osy

Obr. 18 Schéma zkoušení rámu jízdního kola cyklickou silou

Tato zkouška dlouhodobě namáhá sedlovou trubku a simuluje tak zatížení, kterým působí jezdec na rám při jízdě vsedě. Jedná se o zatížení momentem, jelikož je sedlová trubka skloněna pod úhlem. Také sedlo není uchyceno přímo svým středem.

5. Technická diagnostika rámu jízdního kola

Pro technickou diagnostiku rámu jsem si zvolil několik různých přístupů k problematice.

Začal jsem tou nejjednodušší, ale také nejtěžší pro vyhodnocení, a to vizuální kontrolou. Při této diagnostice je důležité, aby testované vzorky byly zbaveny všech nečistot, s čímž v tomto případě nebyl problém. Hlavní úskalí této metody je to, že není možné odhalit defekty skrývající se pod povrchem. Ty mohou být jednat v samotném materiálu, ale také mohou být lakováním skryty. Tato metoda patří mezi subjektivní metody.

Další metodu, kterou jsem si v praxi vyzkoušel, bylo rentgenování vzorků. Jedná se o technologii u nás vcelku rozšířenou, avšak velmi přísně kontrolovanou, jelikož se může jednat o potenciálně zdraví nebezpečné zkoušení. Rentgenování rámu mi bylo umožněno ve firmě ATG s.r.o. s provozovnou v Praze – Letňanech.

Ve firmě ATG mi také bylo umožněno vyzkoušet rám i méně rozšířenou metodou diagnostiky a to metodou vířivých proudů. Tato technologie mě především zaujala proto, že je velmi rychlá a je možné ji provádět i u vzorků se složitou geometrií (ozubená kola apod.).

5.1. Vizuální kontrola rámu

U nového kusu má vizuální prohlídka, jak jsem předpokládal, žádný vážný defekt na povrchu materiálu neodhalila. Při bližším přezkoumání však je vidět, že všechny svary rámu nejsou provedeny úplně kvalitně. Na svarech, zejména u uložení pro čepů vahadel, a u přivařené výztuhy mezi spodní rámovou a sedlovou trubkou si můžeme povšimnout zalakovaných propadlin, případně propadlin v materiálu.

U staršího provedení rámu jsem objevil 2 na povrch vystupující trhliny. Ty se nachází na kritických místech. V místě sváru napojení spodní rámové trubky, sedlové trubky a pouzdra středového složení. Druhá prasklina se táhne od napojení horní rámové trubky na sedlovou trubku. Tyto místa jsou dílčí konstrukční prvky a praskliny v těchto místech výrazně ovlivňují celkovou pevnost rámu kola.



Obr. 19 Vzorový kus rámu bez poškození Blizzard 27,5

Oranžový rám představuje pozdější sériové provedení rámu Blizzard, v tomto případě pro 27,5“ (650B) kola. Po zkušenostech se starším provedením rámu, se výrobce rozhodl v místě napojení sedlové trubky, dolní rámové trubky a pouzdra středového složení je umístěna výztuha. Výztuha je tak v místě, kde vzniká zatížení jednak vyvolané silou šlapajícího jezdce, tak i zatížení od vahadla, na kterém je uchycena zadní odpružená část rámu (spodní čep vahadla).



Obr. 20 Vzorový kus rámu s prasklinami Blizzard 29

Černý rám je původní provedení rámu Blizzard s 29“ koly. Rám postrádá výztuhu v oblasti středového složení jak je vidět na Obr.20. Tento rám byl zákazníkem ježděn a po odhalení prasklin reklamován. Jak již bylo zmíněno výše, rám má tlumič s kratší konstrukční délkou a zdvihem, uchycen na horní rámové trubce. Vrchní vahadlo se mi z rámu nepodařilo odmontovat, jelikož veškeré šrouby tohoto rámu byly nelogicky zalepeny na svá místa.



Obr. 21 Prasklina v místě napojení horní rámové trubky na sedlovou trubku

Na Obr.21 je vidět prasklina na sedlové trubce, umístěná těsně pod svarem napojení horní rámové trubky. Prasklina nejpravděpodobněji vznikla ve svaru a pokračovala pak materiálem dále skrze sedlovou trubku. Vzdálenost praskliny od vrcholu sedlové trubky je 235mm, z čehož usuzují, že prasklina není důsledkem nedostatečného zasunutí sedlovky do rámu.



Obr. 22 Prasklina okolo sváru sedlové trubky a středového složení

Obr.22 detailně ukazuje napojení dolní rámové trubky, sedlové trubky a středového složení. V místě svaru těsně pod čepem je prasklina po celé délce svarové housenky. Výrazné je i nevzhledné zavaření pouzdra pro spodní čep vahadla. Jasně je viditelná propadlina, následně zalakovaná.



Obr. 23 Výztuha na rámu Blizzard 27, v kroužku zaznačen kráter ve svaru

Detail výztuhy rámu novějšího konstrukčního provedení. Opět stojí za povšimnutí napojení svarových housenek, propadlin ve svarech. Napojení jednotlivých svarových housenek také není provedeno profesionálně.



Obr. 24 V průběhu výroby přidaná výztuha spoje sedlové trubky a středového složení se spodní rámovou trubkou

Obr. 24 se v detailu zaměřuje na výztuhu rámu přidanou výrobcem. Výztuha byla přidána po zjištění problémů s výskytem defektů právě v těchto místech. Úkolem výztuhy je rovnoměrněji rozložit zatížení. Na výkresech dodaných firmou Rock Machine však tato úprava není nijak zaznamenána.

5.2. Nedestruktivní diagnostika – Rentgen

Zkoušku s využitím rentgenu provedl v testovacích laboratořích firmy ATG – Advanced Technology Group. Rentgen je umístěn v podzemním patře bývalého objektu PVO.

Snímky jsem pořídil pomocí zařízení Balteau CERAM235, vzdáleně bezdrátově kontrolovaného z místnosti vedle zkušební laboratoře. CERAM235 je přenosný generátor rentgenového záření. Přístroj se kombinuje buď s ovládací jednotkou CF2000, která je určená především do prostředí se špatnou kvalitou elektrické sítě. Druhou možností ovládání je pak jednotka HAND-X, která je bezdrátová s dosahem až 100 m v otevřeném prostoru.

Parametry Rentgenu Balteau CERAM235		
	Jednotka	Hodnota
Rozsah vysokého napětí	kV	70 - 235
Proudový rozsah trubice	mA	0,1 - 5
Maximální ztráta výkonu anody	W	1175
Úhel paprsku		40°
Ohnisková velikost bodu (IEC336)	mm	2 x 2
Maximální penetrace oceli (*)	mm	43
Maximální doporučená teplota	°C	50°
Teplotní pojistka	°C	70°
Inherentní filtrace	mm (Be)	1
Typ chlazení anody		Vzduch
Pracovní cyklus	%	100
Napájení	V	180 - 260
Hmotnost	Kg	27
Trubice		Keramická
Kontrolní přístroj		CF2000 nebo Hand-X

Tab. 8 Technické parametry rentgenu Balteau CERAM235

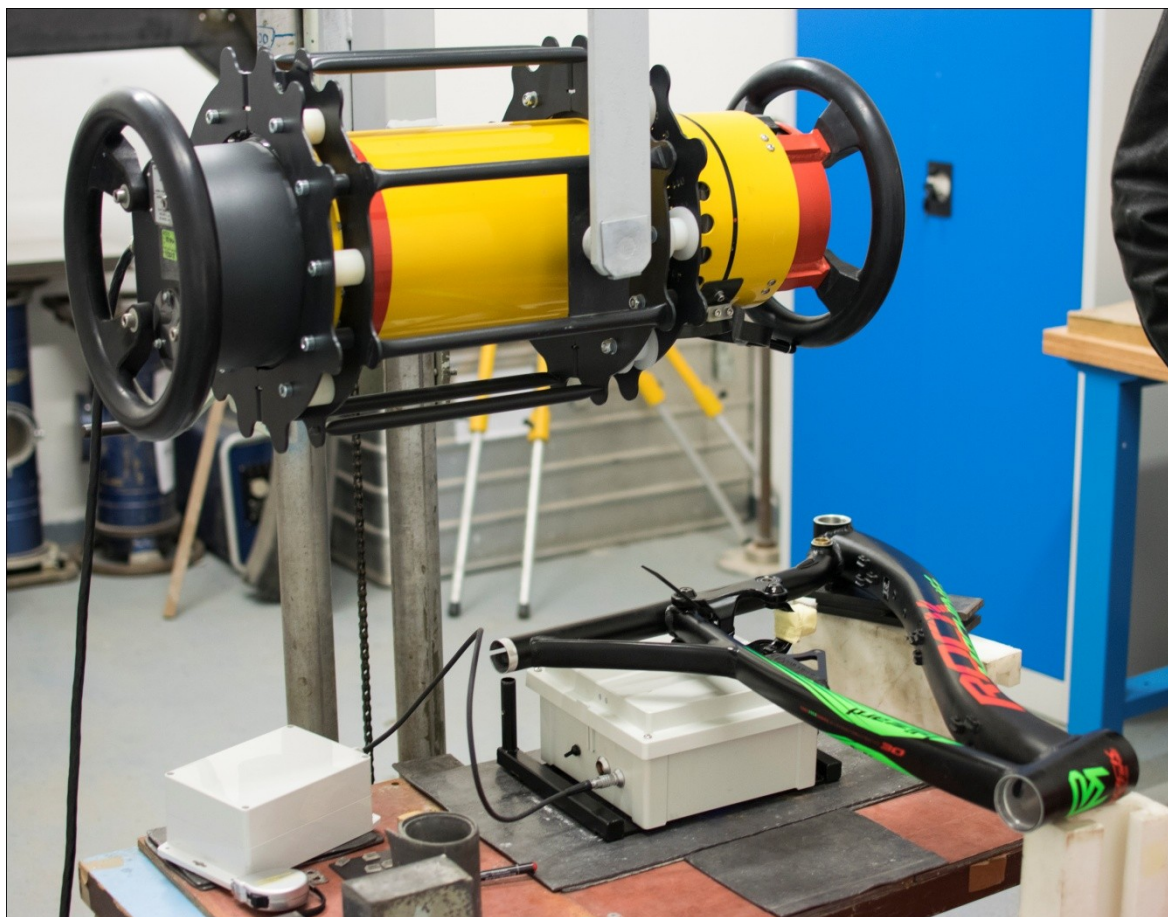
Rentgenování rámu probíhalo postupně po jednom snímku, s následným vyhodnocením na obrazovce počítače. Po každém vyhodnoceném snímku, jsem upravil polohu rámu proto, abych získal přesnou představu, jak vypadají svarové spoje.

Nejprve jsem začal rentgenováním černého, tedy prasklého rámu. Pro představu kvalitu spojů jsem pořídil 2 snímky a dále se věnoval pouze novému rámu.

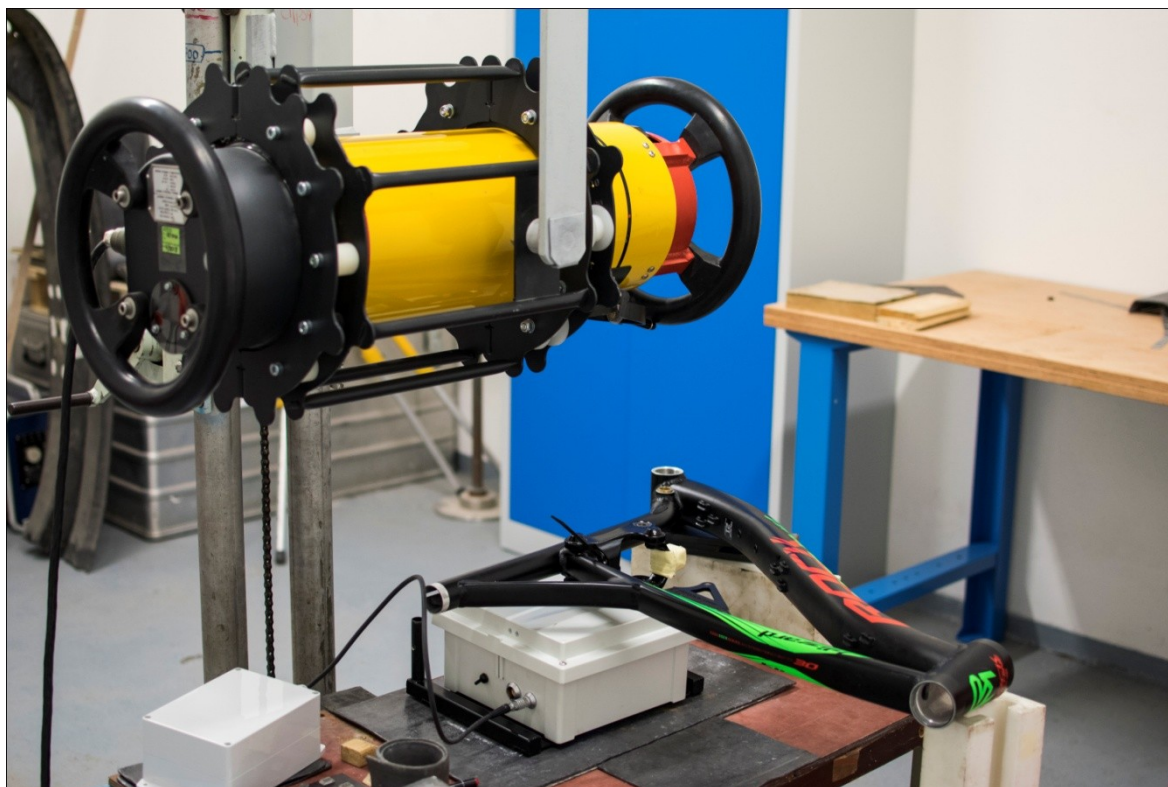


Obr. 25 Zařízení rentgenu CERAM235 na výškově stavitelném rámu.

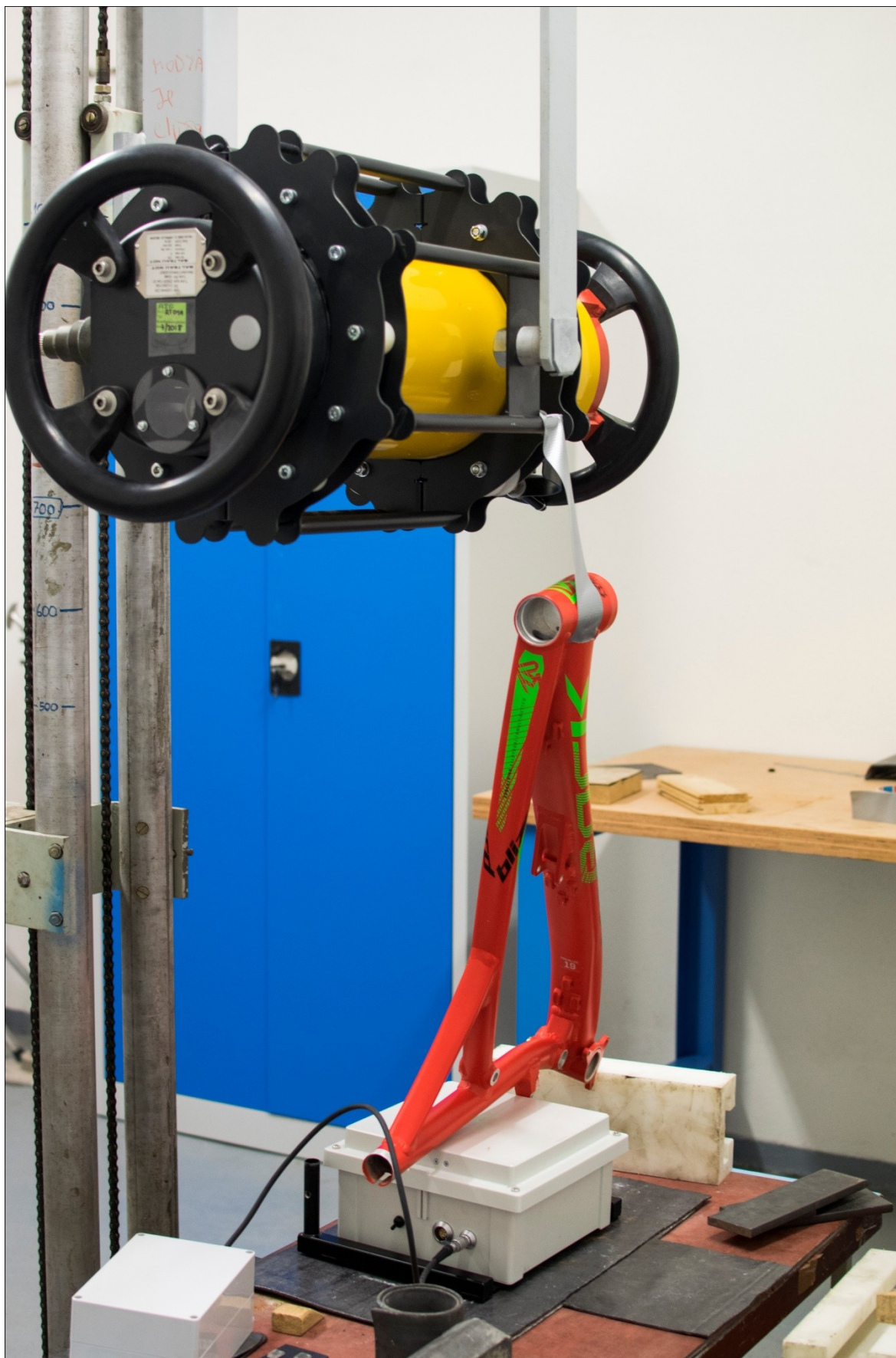
Rentgen Balteau CERAM235 byl umístěn na výškově stavitelném rámu, tak aby bylo možné rentgenovat i objemnější vzorky.



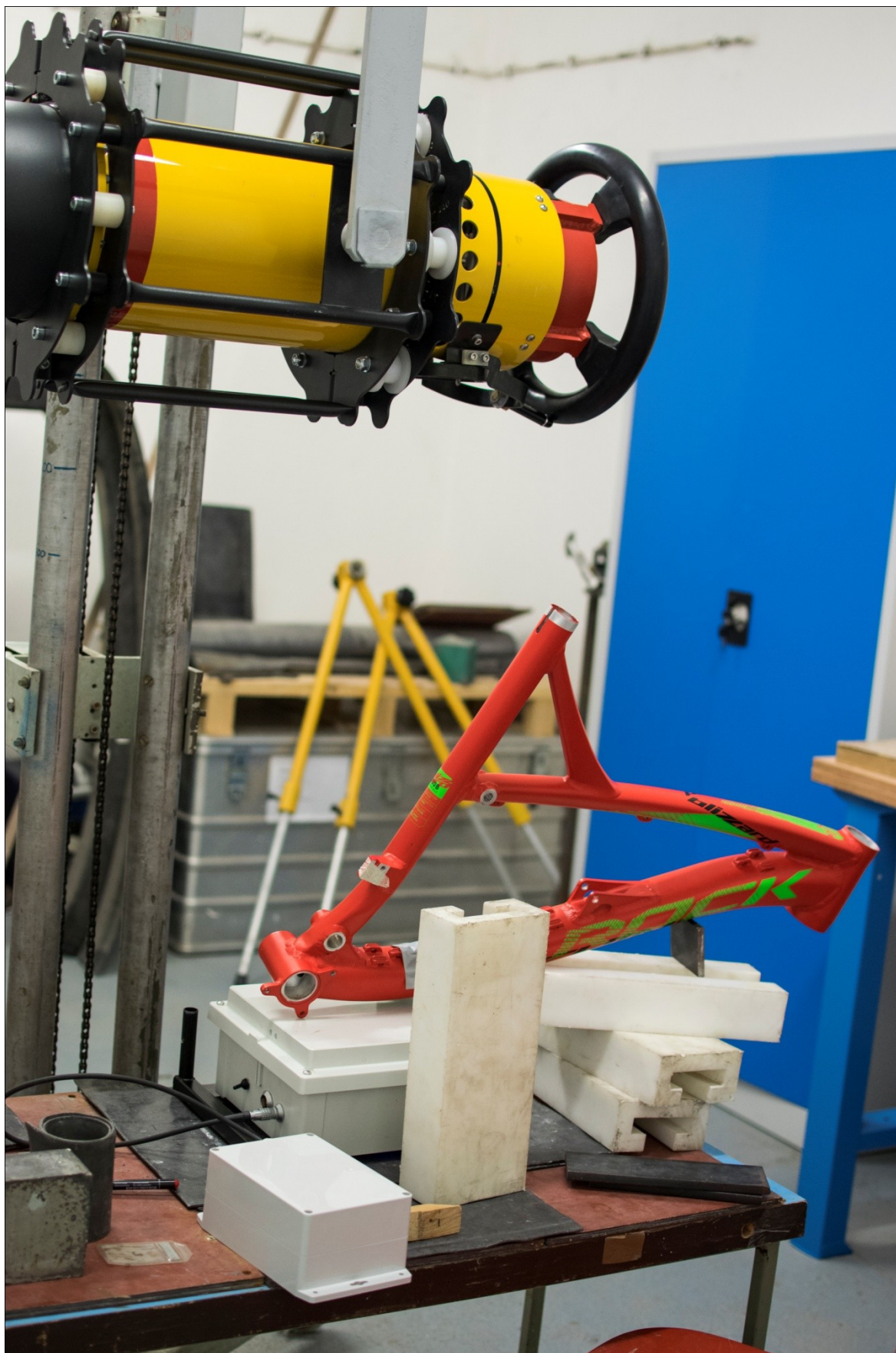
Obr. 26 Rám Rockmachine Blizzard 29 umístěný pod čočku rentgenu CERAM235



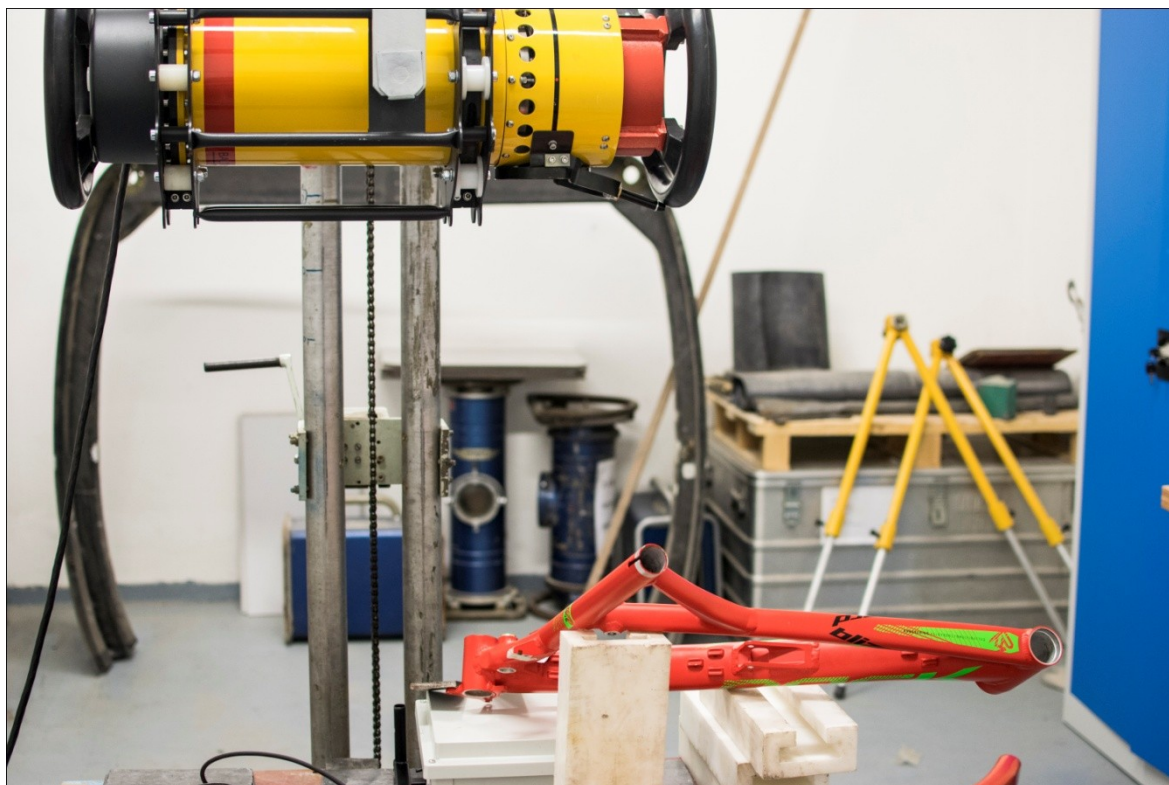
Obr. 27 Rentgenování praskliny sedlové trubky na starém rámu



Obr. 28 Rentgenování rámu v oblasti spoje mezi sedlovou a horní rámovou trubkou, těsně vedle čepu horního vahadla

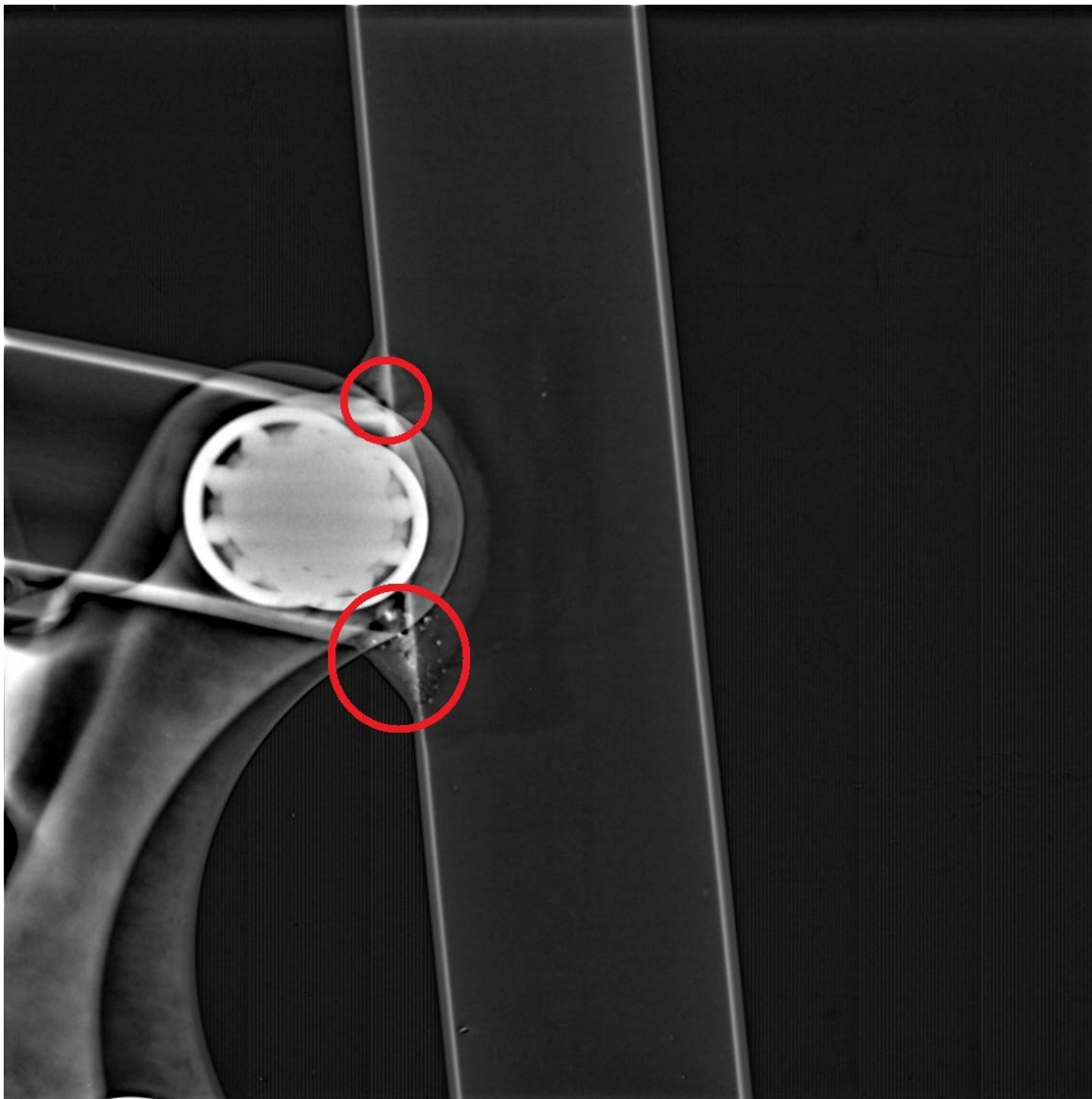


Obr. 29 Rentgenování svarů výztuhy novějšího rámu shora



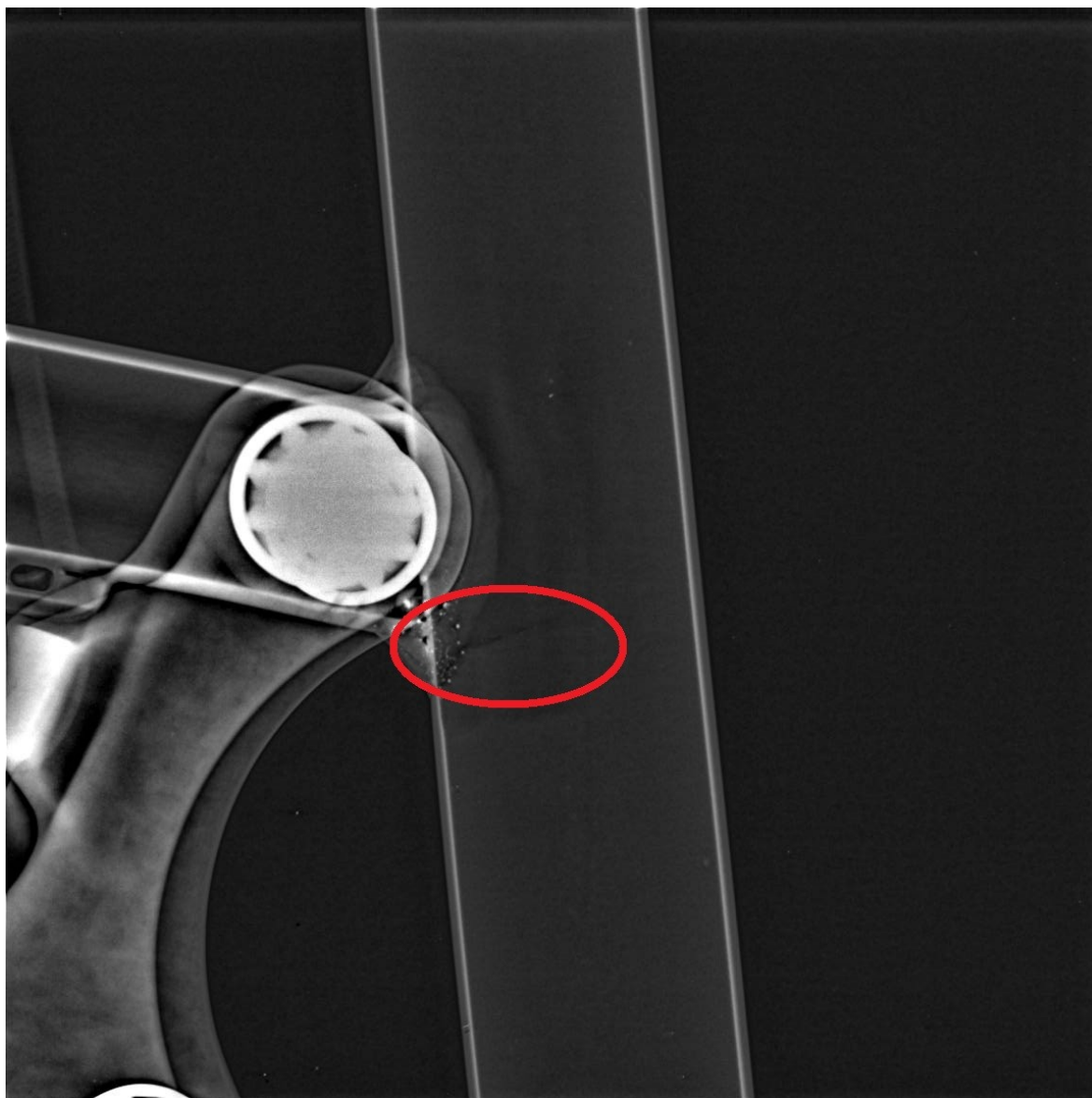
Obr. 30 Rentgenování nového rámu Blizzard 27, paprsek je zaměřen na svary přidané výztuhy z boku

5.3. Snímky z rentgenu CERAM 235



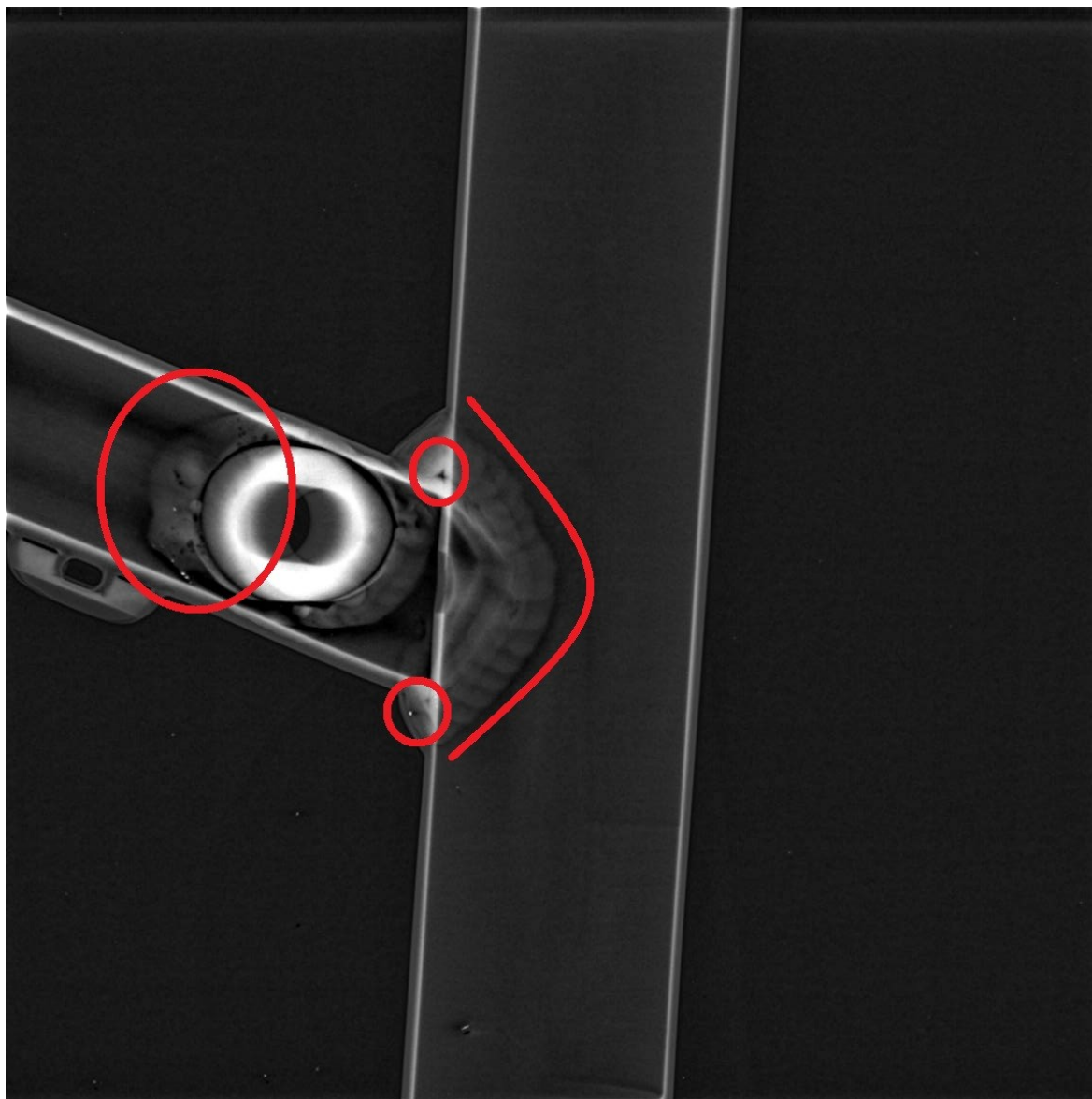
Obr. 31 Blizzard 29, pohled na napojení horní rámové a sedlové trubky, čep horního vahadla s ložisky.

Obr.31 ukazuje svarové napojení horní rámové trubky se sedlovou trubkou, v oblasti čepu horního vahadla. Svar je provedena bez zápalů na okrajích, avšak bílé a černé tečky indikují pórovitost a vměstky ve svarové lázni. V kroužcích jsou vyznačena místa s největší koncentrací defektů.



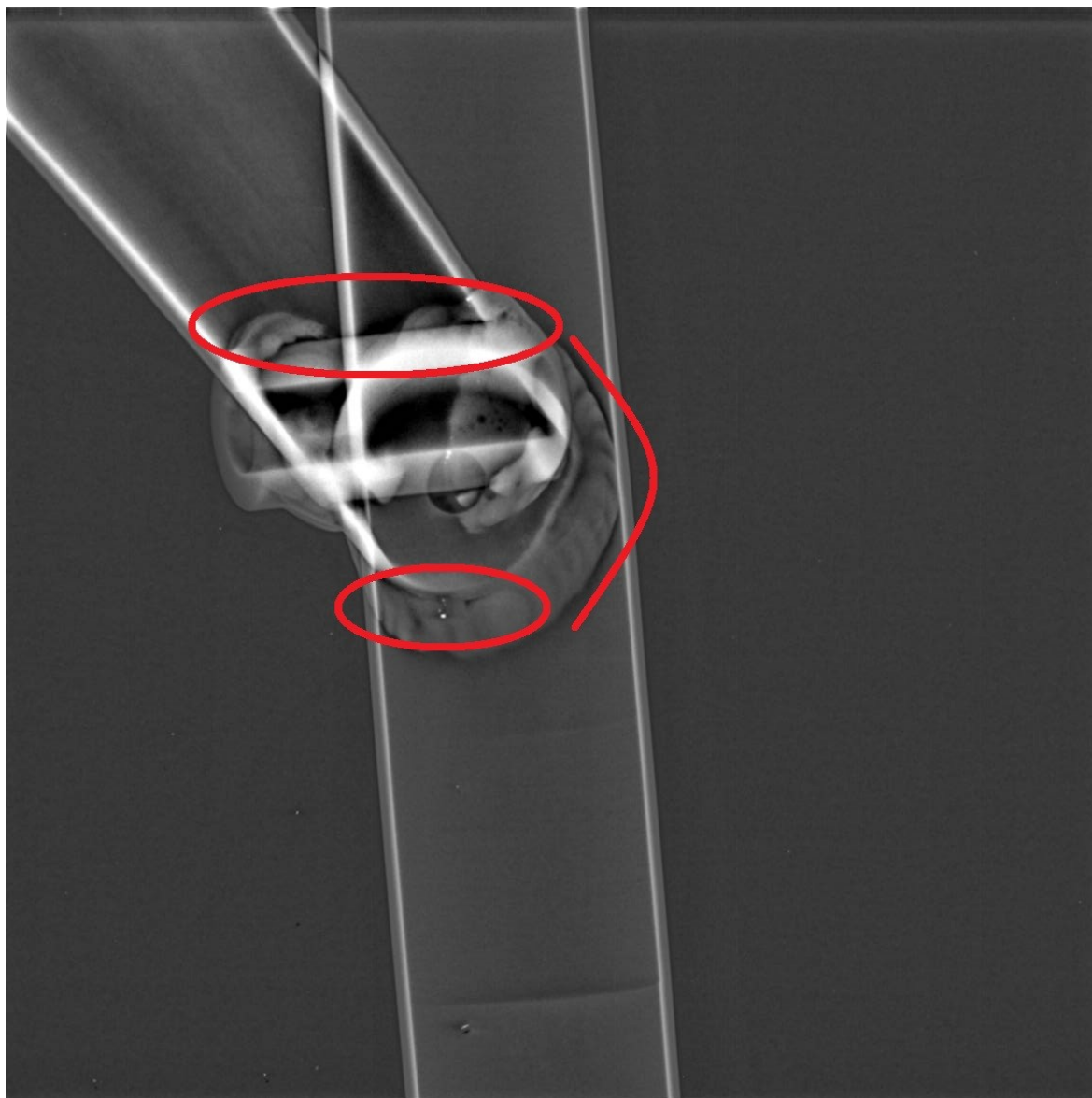
Obr. 32 Blizzard 29 napojení horní rámové a sedlové trubky

Od pórů ve svaru se táhne trhlina skrz sedlovou trubku. Ta je vyznačená na Obr.32.



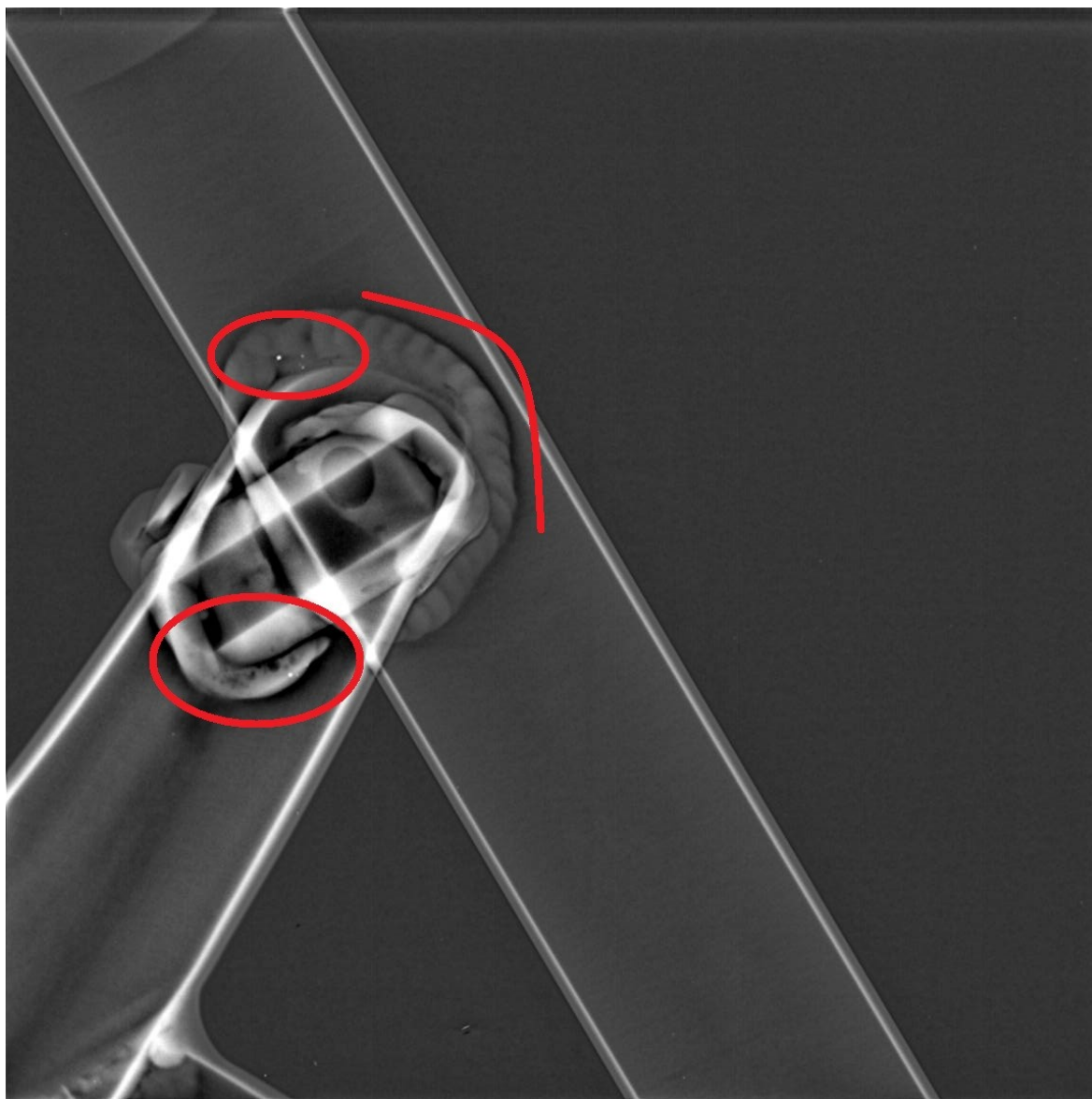
Obr. 33 Blizzard 27, pohled na svarový spoj horní rámové a sedlové trubky. Bílá skvrna je horní čep vahadla.

Nový rám pozdějšího konstrukčního provedení je svařený mnohem hůře než původní provedení. Napojení horní rámové a sedlové trubky je plné defektů. Ve svaru se objevuje porozita, ve tmavých místech se dají rozpoznat vměstky wolframu. Taktéž jsou patrné konstrukční neprůvary. Oblast zavaření čepu horního vahadla je velmi nekvalitní, plné pórů, vměstků a studených spojů. Okolo svarů se objevují zápaly.



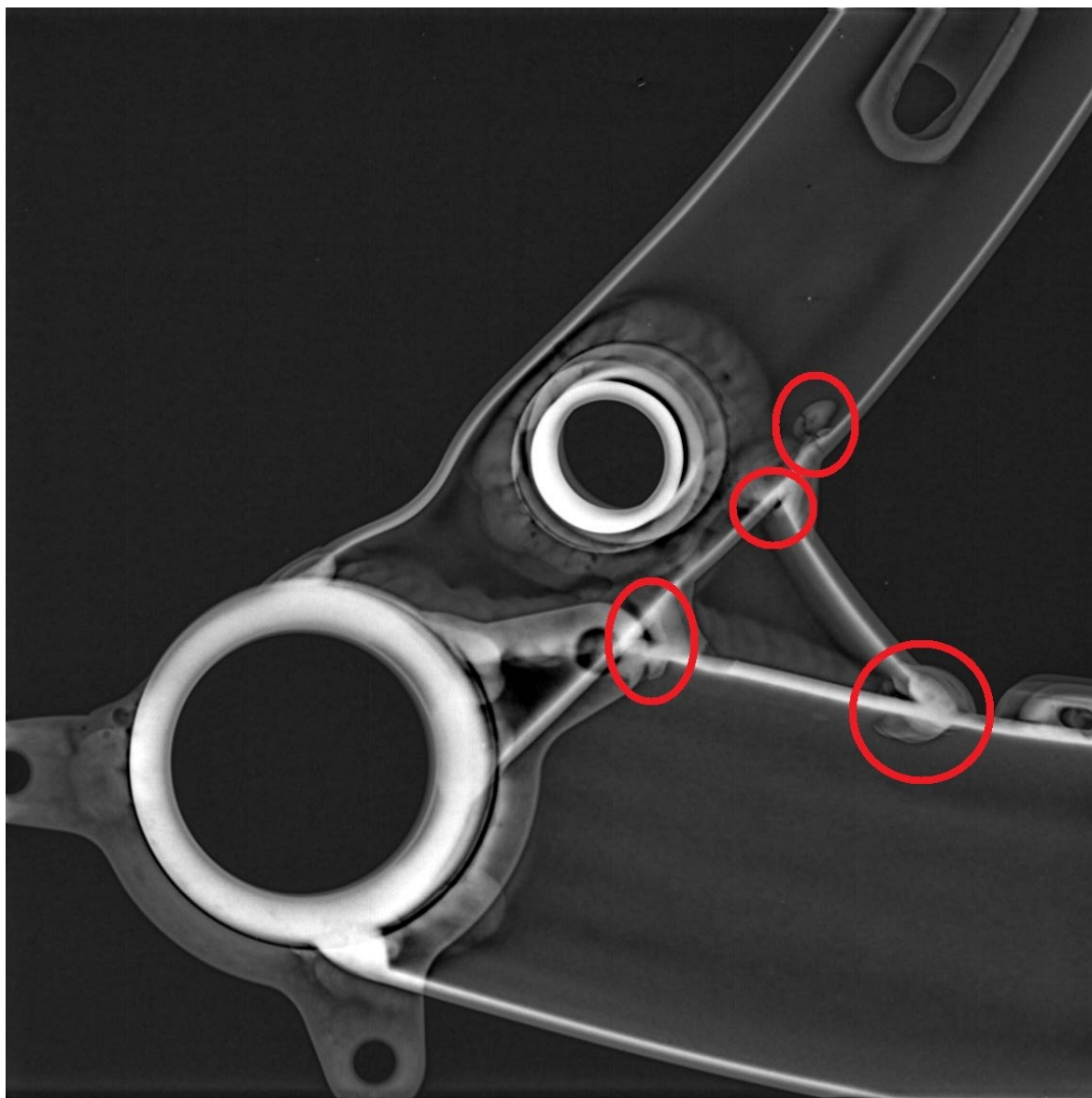
Obr. 34 Blizzard 27, pohled zepředu na napojení horní rámové a sedlové trubky s čepem horního vahadla.

Snímek rámu zepředu ukazuje další nedokonalosti. Svary jsou plné pórů. Spoj mezi horní rámovou trubkou a čepem horního vahadla je studený, neprovařený. V napojení svarových housenek se opět objevují zápaly. Hrana v sedlové trubce je stopou po výstružníku.



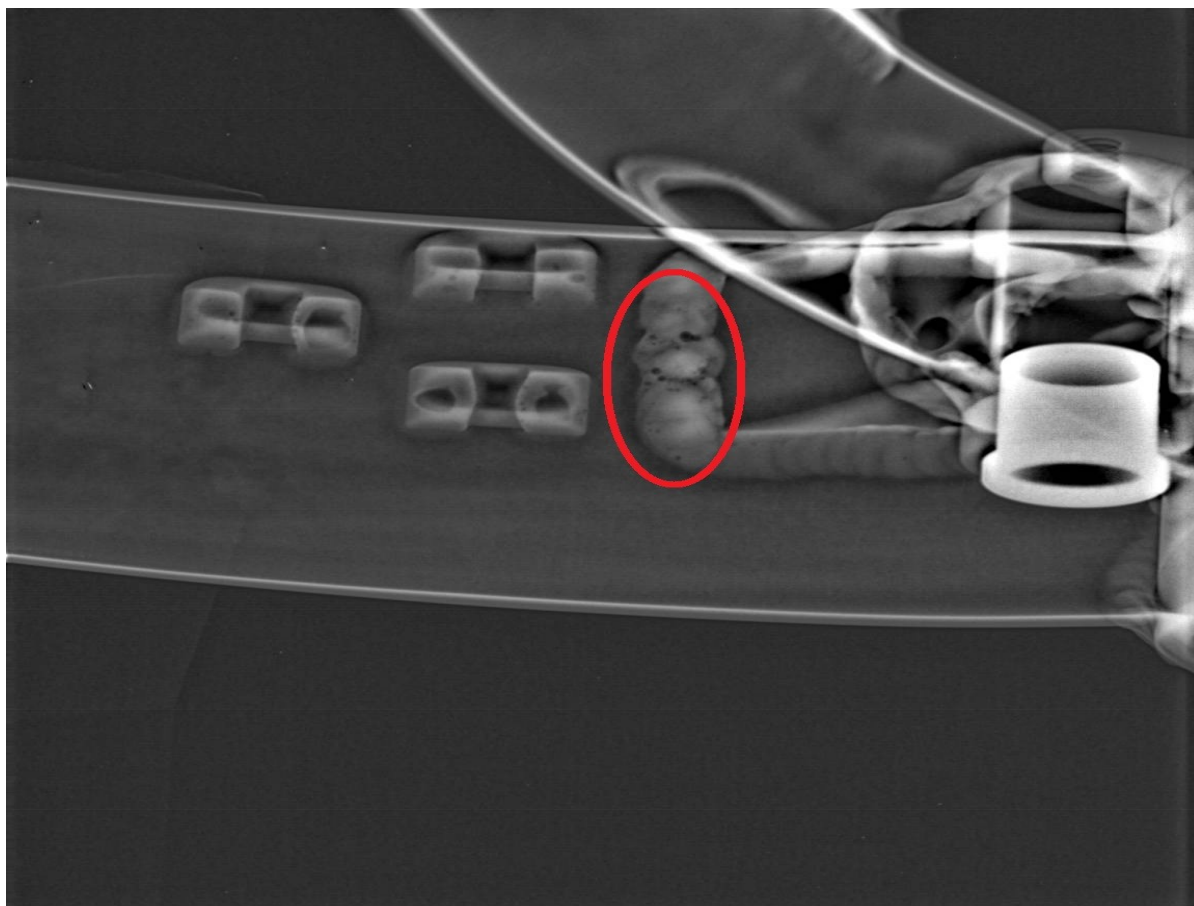
Obr. 35 Blizzard 27, pohled zepředu na napojení horní rámové a sedlové trubky s čepem horního vahadla.

V napojení trubek se objevují studené spoje. Navazující svarové housenky jsou postiženy přítomností pórů a vměstků. Oblast kolem svarů ukazuje zápaly po celé délce provedení svaru.



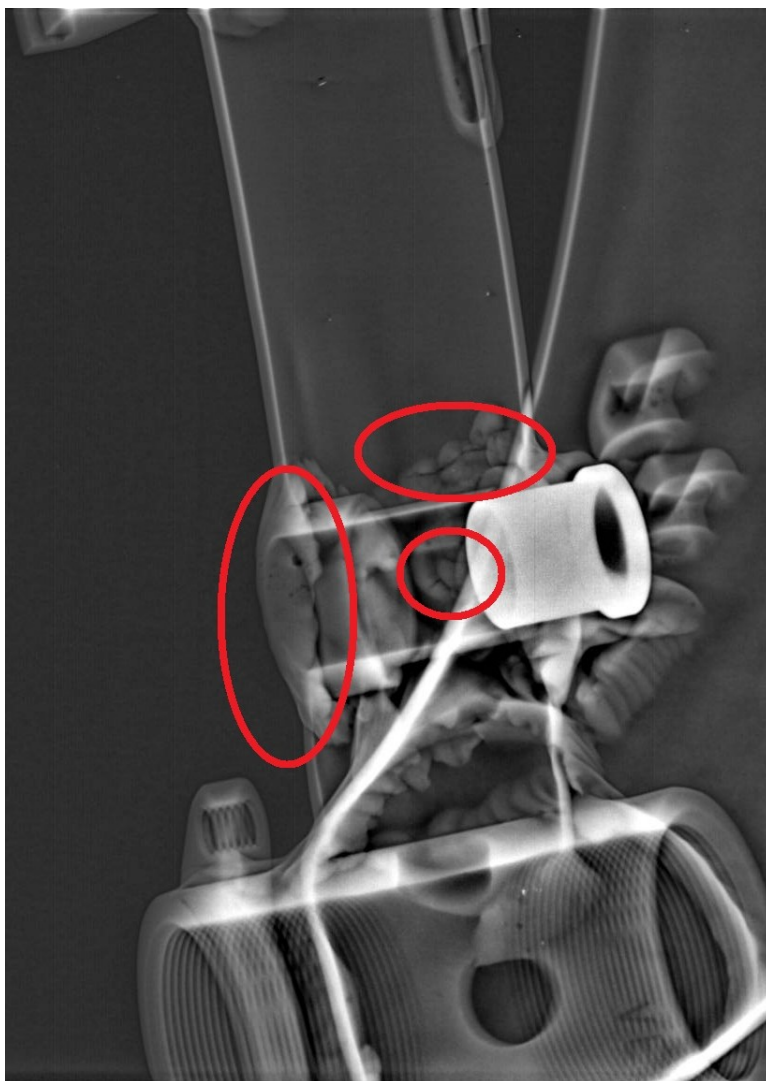
Obr. 36 Blizzard 27. Detail výztuhy mezi spodní rámovou, sedlovou trubkou a pouzdem středového složení se spodním čepem vahadla.

Boční snímek rámu nového provedení s nově navařenou výztuhou. Tmavá místa jsou důkazem konstrukčních neprůvarů. V místě napojení výztuhy, je už z výroby prasklina v materiálu s jasně viditelnou tepelně ovlivněnou oblastí. Prasklina vznikla pravděpodobně v důsledku doteku elektrody s materiálem. Protažení sváru je pravděpodobně pokusem o zamaskování chyby svářeče. Kolem čepu spodního vahadla jsou opět tmavá místa, která zobrazují studené spoje.



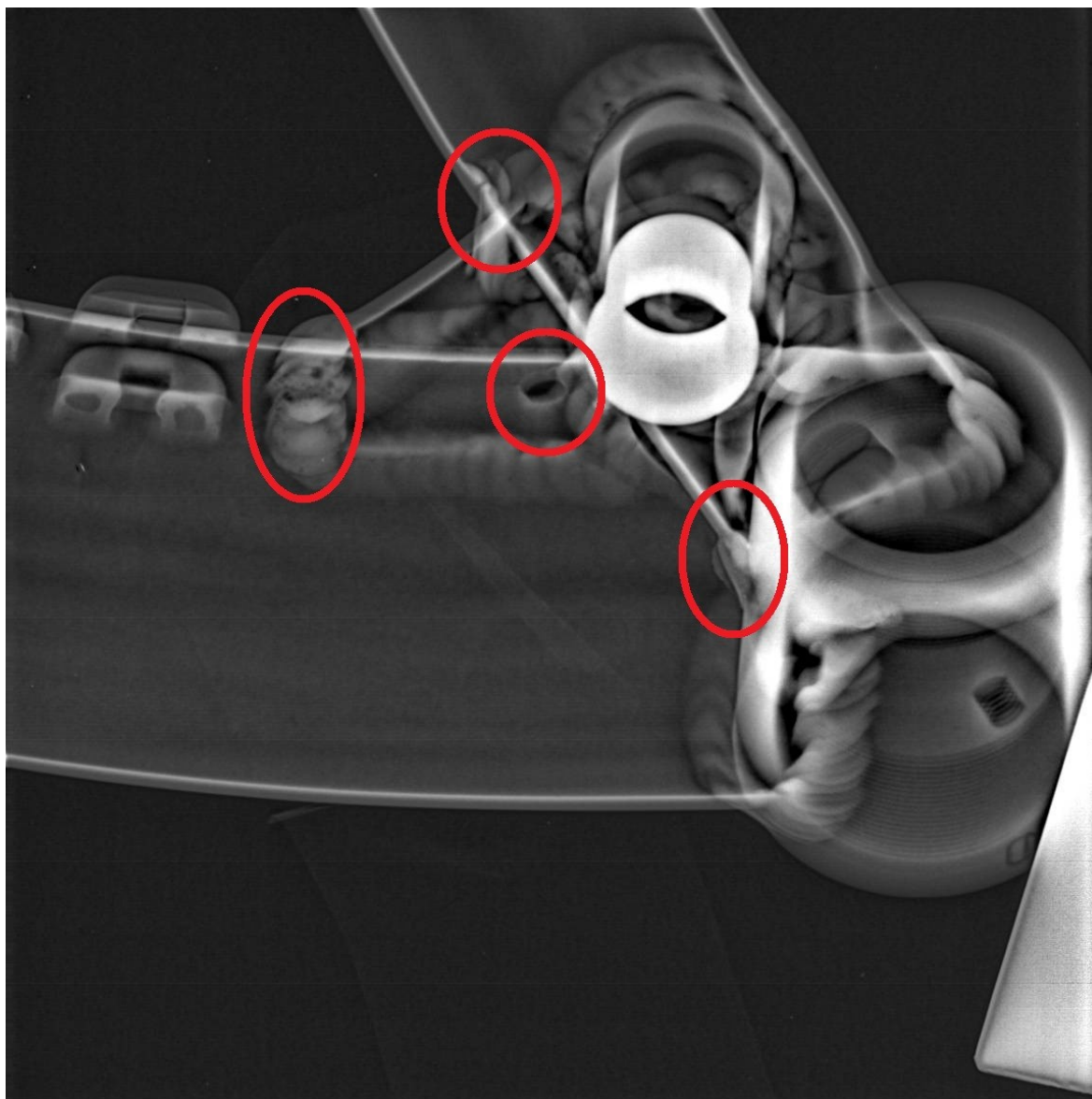
Obr. 37 Blizzard 27. Pohled z vrchu na výztuhu nového provedení rámu.

Navařená výztuha z vrchu. Opět kvalitativní problémy. Ve svarové lázni se objevují tmavé fleky, které indikují wolframové vměstky. Řádková pórovitost, která je v konstrukci nepřijatelná, je přítomná ve velké míře. Shluky děr o velikosti 0,5 – 2 mm jsou přítomné zejména ve svaru výztuhy.



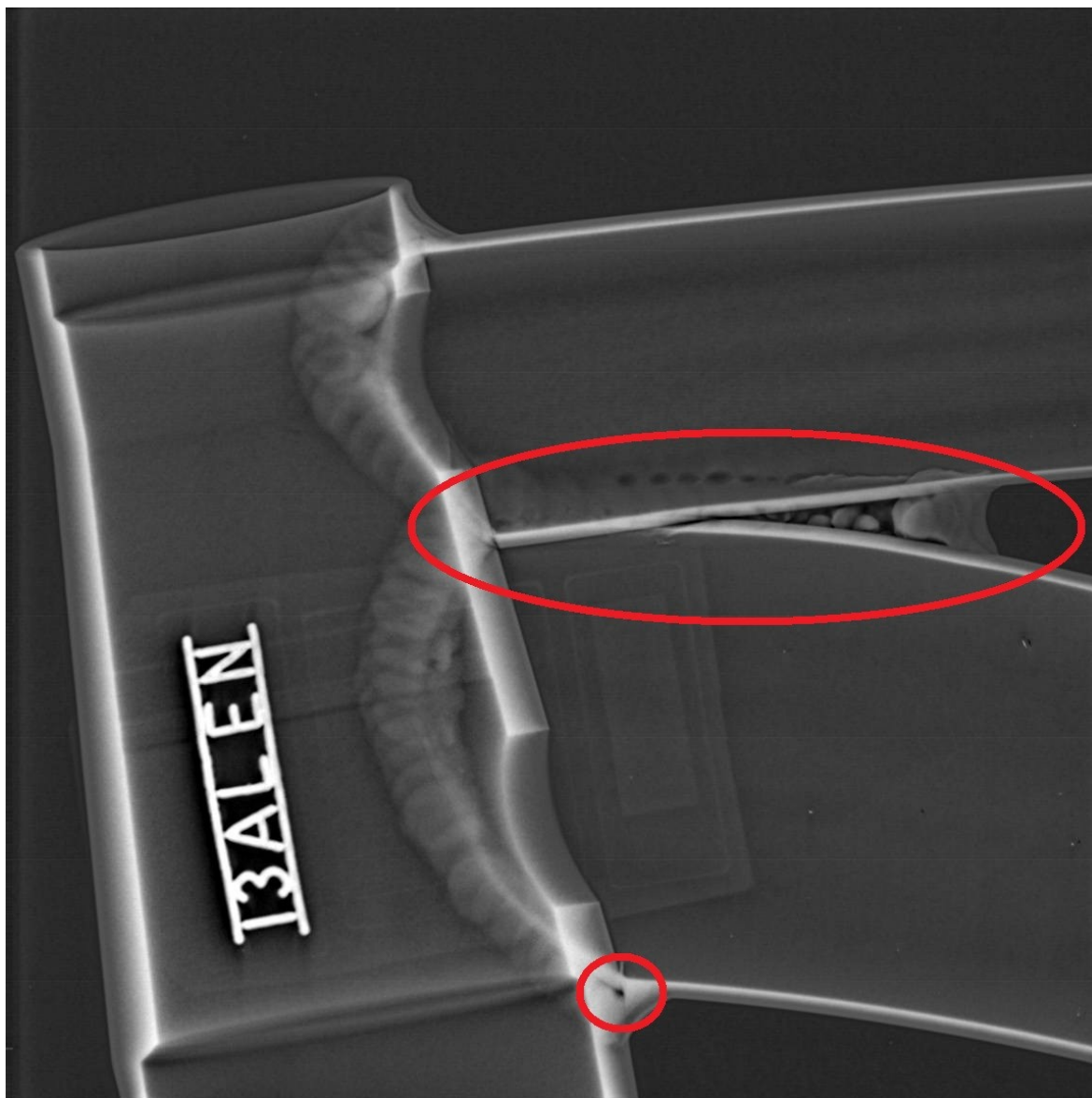
Obr. 38 Blizzard 27. Pohled na rám zezadu.

Na pohledu zezadu lze rozeznat trhliny v materiálu, studené a neprovařené spoje.
Na snímku lze také rozeznat velké díry v materiálu o rozměrech 1,2 – 2,4 mm.



Obr. 39 Přidaná výztuha z boku

Trhliny a staženiny, studené spoje v napojeních. Defekty jsou patrné ve většině svarových housenek.



Obr. 40 Detailní snímek rámu Blizzard 27 v oblasti napojení hlavové trubky a horní/spodní rámové trubky. 13 AL EN je označení radiografických měrek.

Na obr.40 je RTG snímek rámu z boku. Napojení horní rámové a spodní rámové trubky s trubicí hlavového složení vypadá na snímku zcela v pořádku. Svár je kvalitní, bez zápalů či neprovařených míst. Bohužel však spoj mezi horní rámovou a spodní rámovou trubicí plní pouze estetickou funkci. Jak je vidět, svár není vůbec spojený s materiálem. Na snímku lze také vidět konstrukční neprůvar ve spodní části hlavové trubky.

5.4. Nedestruktivní diagnostika – Metoda vířivých proudů

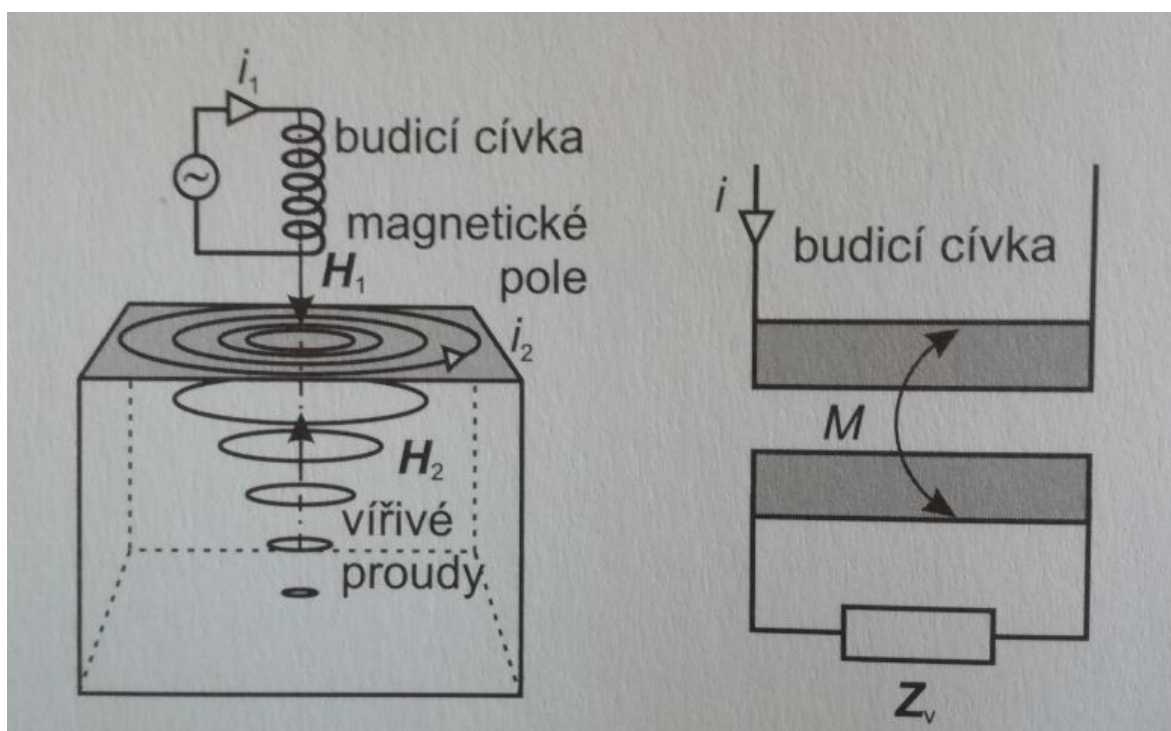
Principem metody vířivých proudů je pronikání elektromagnetického pole cívky do zkoušeného vodivého materiálu. Cívka je napájena vysokofrekvenčním proudem ze

střídavého generátoru. Magnetická složka pole indukuje ve vodivém materiálu elektrický tok – vířivé proudy. Ty sledují kruhovou dráhu kolmo k směru pronikání elektrického toku.

Vířivé proudy v materiálu tvoří magnetické pole, které působí dle Lenzova zákona proti poli budicímu, takže budící pole zeslabují.

Pro detekování povrchových defektů ve zkoušeném vzorku má být budící frekvence co nejvyšší, tak aby bylo dosaženo maximálního rozlišení a citlivosti. Detekce podpovrchových vad však vyžaduje nižší frekvence. Důsledkem toho je však snížené rozlišení a citlivost. Především defektoskopie feromagnetických materiálů vyžaduje nízké frekvence pro dosažení dostatečné hloubky průniku do materiálu.

V diagnostikovaném materiálu se trhlina či jiný nevodivý defekt projeví obtékáním vířivých proudů. Tím se jejich dráha prodlužuje a proudová hustota snižuje. Výsledná intenzita magnetického pole je daná rozdílem intenzity pole H_1 a H_2 . Hodnota však není dána jen velikostí a směrem trhliny ale také vzdáleností budící cívky od diagnostikovaného předmětu, permeabilitou a konduktivitou materiálu.



Obr. 41 Vlevo princip metody vířivých proudů, vpravo náhradní transformátorové zapojení kde M je vzájemná indukčnost

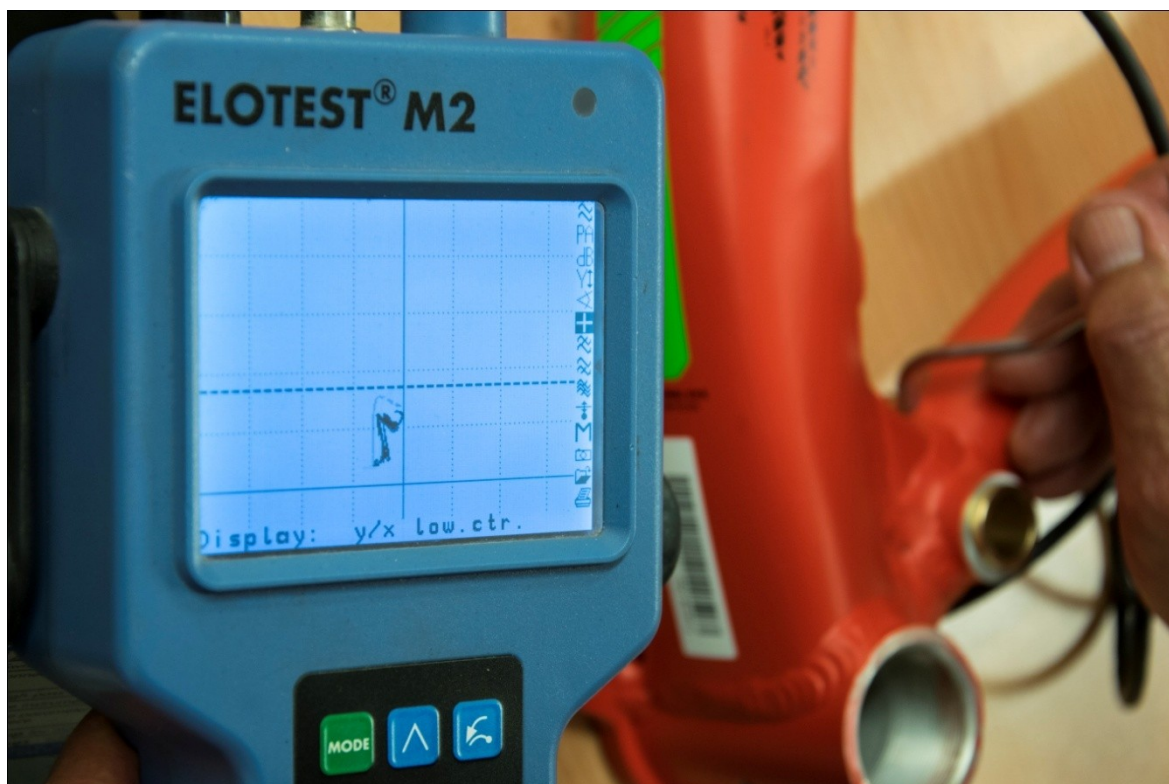
V praxi jsem prováděl diagnostikou metodu vířivých proudů přístrojem Rohmann Elotest M2. Jedná se o univerzální ruční zařízení pro testování povrchů, děr a skrytých vad v materiálu. Navíc také měří konduktivitu a tloušťku vrstvy všech materiálů. Elotest M2 postihuje frekvence od 10 Hz až do 12 MHz. Disponuje také různými filtrovacími schopnostmi. Vše doplňuje přehledný podsvícený LCD displej.

Přístroj se ovládá vestavěnou klávesnicí s jasným přiřazením funkce.



Obr. 42 Zkoumání celistvosti materiálu v místě, kde jsme věděli, že není žádný defekt. Na obrazovce je odezva vířivých proudů bez chyby.

Metodou vířivých proudů jsme proměřili rám v místě, kde jsme předpokládali neporušenou homogenitu materiálu, abychom mohli porovnat výsledky zobrazené na displeji přístroje Rohmann Elotest M2. Jak je vidět na obr.42, graf zobrazený na displeji přístroje Elotest M2 je rovná linka, signalizující, že se dráha elektrického toku v materiálu nijak neprodložovala.



Obr. 43 Diagnostika vířivými proudy aplikovaná v místě, kde rentgen zobrazil prasklinu nad svarovou housenkou.

Přiložením zkoušecí sondy do místa, kde jsme předtím na rentgenu objevili prasklinu v materiálu, se na displeji ukázala křivka. Ta indikuje necelistvost a prodloužení dráhy elektrického toku ve zkoušeném materiálu. Indikovaná hloubka defektu je přibližně 0,3 – 0,4 mm od povrchu. Tato vzdálenost odpovídá tloušťce laku a vrstvě materiálu nad prasklinou. Tato vrstva je zřejmě důsledkem toho, že svářeč chtěl jasně viditelnou chybu skrýt.

6. Testování rámu v laboratorních podmínkách

Z NDT diagnostiky rámu rentgenem CERAM235 a vířivými proudy bylo jasné, že zejména nový kus rámu je již defektní. Rozhodl jsem se proto pro otestování rámu i zátěžovou zkouškou uvedenou v normě ČSN EN ISO 4210:2016. Tuto zkoušku jsem provedl v laboratoři ve firmě CZTesting s.r.o. s provozovnou v Novém Jičíně. Vybral jsem si cyklickou únavovou zkoušku, se zaměřením zatížení na sedlovou trubku. Snažil jsem se tak simulovat zatížení od jezdce. Kritická místa jsem si předem vytipoval a následně je důkladně prozkoumal.

Kapilární zkoušky rámu jsem pak provedl v laboratořích technické diagnostiky na VŠB. K provedení kapilární zkoušky jsem se rozhodl na základě výsledku cyklické únavové zkoušky.

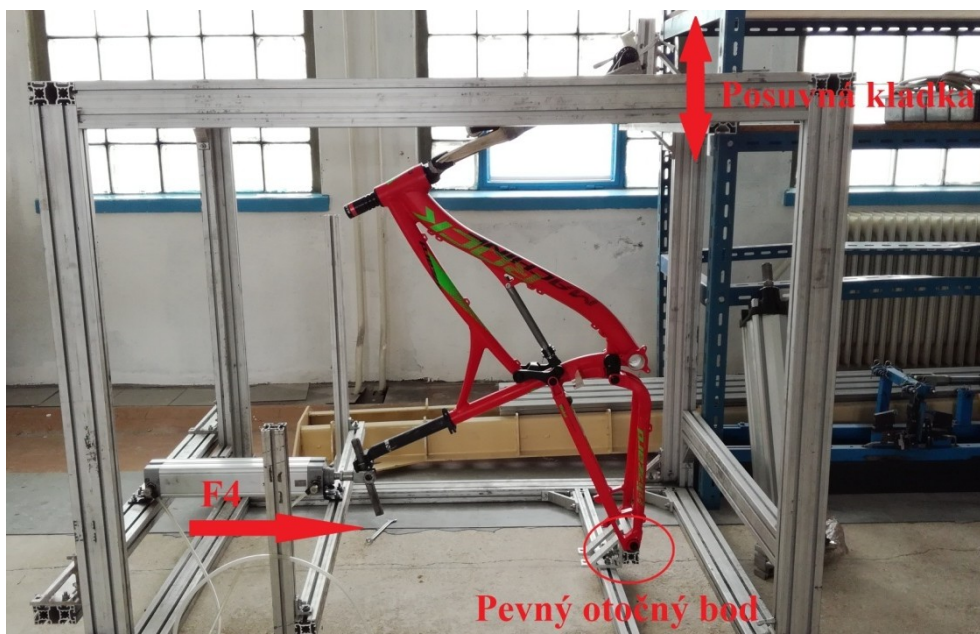
6.1. Cyklická únavová zkouška dle ČSN EN ISO 4210-6

Na základě výsledků získaných NDT metodami, jsem se rozhodl ověřit nový kus rámu v laboratorních podmínkách, dle normy ČSN EN ISO 4210-6:2016 kap. 4.5.

Zkouška byla zahájena nastavením zatěžující síly na pevnou vzpěru v konstrukci z profilů. Sílu jsem stanovil dle normy pro tento druh horského kola a to na 1200 N. Hodnotu zatěžující síly jsem ověřil digitálním tenzometrem Almemo 2690 firmy Ahlborn. Po ověření síly se na rameno simulující střed sedla přichytil pneumatický válec. Válec působil ve vzdálenosti 70 mm v horizontálním směru od konce sedlové trubky.

Během zkoušení jsem se také rozhodl měřit deformaci rámu při zatížení. K tomuto účelu byl použit úchylkoměr s rozsahem (0 – 4) mm. Při zkušebním stlačení, se deformace rámu měřená na středovém pouzdře pohybovala kolem 0,2 mm.

Zkouška probíhala zcela automaticky, bez nutnosti mého dohledu. Délku jednoho zátěžového cyklu jsem nastavil na 3 sekundy, a to tak že 2 sekundy válec působil na vzorek definovanou silou, 1 sekundu byl rám odlehčen.



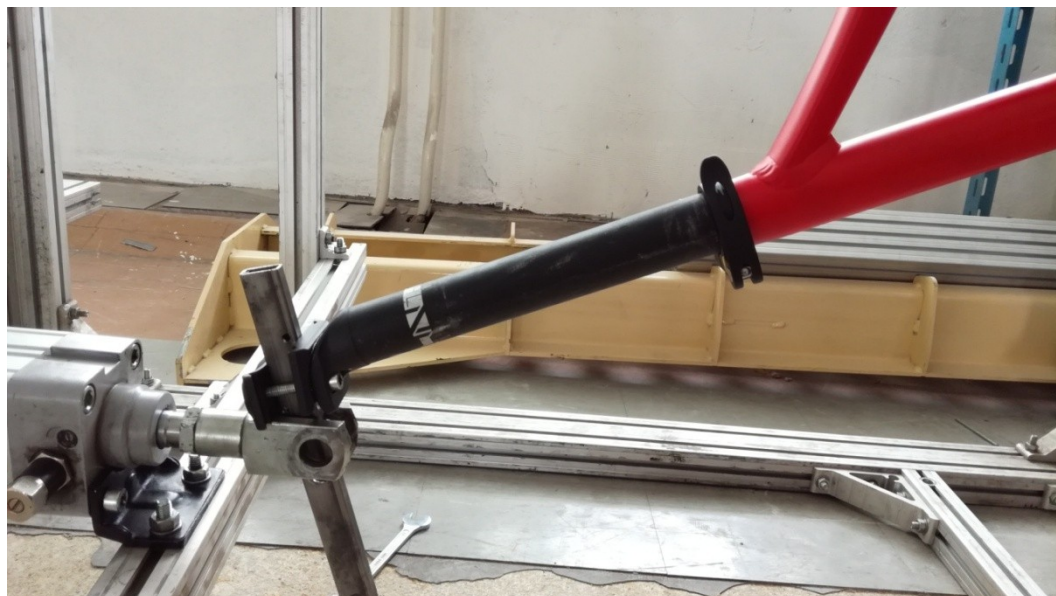
Obr. 44 Uchycení rámu jízdního kola v rámu z Al profilů s vyznačením vazeb a zatěžující síly

Rám pro uchycení rámu při zkoušce jsem si sestavil na míru z AL profilů. Horizontální polohu rámu jsem zvolil s ohledem na jednodušší ustavení pneumatického válce.



Obr. 45 Detail posuvného uložení osy předního náboje

Jako posuvnou kladku jsem použil přední náboj jízdního kola. Upnul jsem jej do vidlice pomocí standardního rychloupínáku. Pod nábojem je pěnová podložka ke zmírnění hluku při zkoušce.



Obr. 46 Pneumatický válec působící na sedlovou trubku

Pneumatický válec jsem nechal působit na ocelový hranol, který tak simuluje rameno. Správná poloha působíště válce je odměřena od vrcholu sedlové trubky rámu. Hranol nahrazuje sedlo upevněné k sedlovce při jízdě na kole.



Obr. 47 Měření pružné deformace na pouzdru středového složení při maximální působící síle

Měření deformace na pouzdru středového složení jsem do zkoušky zahrnul jako bonus, jelikož v normě toto není nijak specifikováno. Deformace se v průběhu zkoušení postupně zvyšovala. Tato pružná deformace je výsledkem únavy materiálu rámu. Její hodnota je také ovlivněna tím, že při zkoušce byla na rám osazena odpružená vidlice, která při maximálním zatížení lehce zajížděla do zdvihu.

Cílem cyklické únavové zkoušky bylo zjistit, zda rám se zjištěnými defekty pomocí rentgenu a vířivými proudy, projde zkouškou se splněním všech okrajových podmínek.

Po provedení všech normou předepsaných cyklů, jsem znovu testovaný rám celý důkladně prohlédl, zejména vytipované místa s nejvyšším zatížením. Má kontrola neobjevila žádný defekt vystupující nad povrch. Deformace měřená na pouzdru středového složení se zvýšila z původní hodnoty 0,2 mm až na hodnotu 1,1 mm na konci cyklů. Měření deformace však není v normě nijak specifikováno a tak zkoušku na základě tohoto měření nemohu označit za neúspěšnou.

Výsledkem cyklické únavové zkoušky tedy je, že testovaný rám Rock Machine Blizzard 27,5“ zkouškou úspěšně prošel.

6.2. Kapilární zkouška dle ČSN EN ISO 3452-2

Cyklickou únavovou zkouškou rám úspěšně prošel, avšak na základě rentgenových snímků jsem se rozhodl rám otestovat i kapilárními zkouškami. Od toho jsem si sliboval, že praskliny v rámu vzniklé při svařování, se při únavové zkoušce rozšířily těsně pod povrchem / lakem rámu. Kapilární zkouška měla tento defekt odhalit.

Přípravu pro zkoušku jsem zahájil demontáží zadní stavby rámu kvůli snadnější manipulaci při kapilární zkoušce a také z důvodu lepšího přístupu ke zkoumanému místu. Odstranil jsem i spodní vahadlo, na kterém je zadní stavba zavěšena. Pokračoval jsem odstraněním laku, z místa kde se podle rentgenových snímků měla nacházet trhlina. K tomu jsem použil jemný pilník a brusnou houbu, tak abych nezpůsobil v materiálu žádné vrypy a nebyla tak kapilární zkouška ovlivněna.



Obr. 48 Zkoumané místo na rámu, pohled z pravé strany. V kroužku je zaznačené místo, ve kterém se má nacházet trhlina

Samotnou zkoušku jsem zahájil očištěním a odmaštěním zkoumaného místa čističem na bázi lihu. Následně jsem aplikoval vrstvu penetrantu ze spreje přes celé místo bez laku. Penetrant fialové barvy jsem následně nechal zavadnout, aby penetroval zkoumaný povrch. Po 15 minutách se penetrované místo pod tekoucí vodou omylo. Na omytý povrch pak přišla vrstva vývojky. Vývojku jsem opět nechal odležet a po dalších 15 minutách zkontroloval indikace.



Obr. 49 Vrstva penetrantu na povrchu materiálu

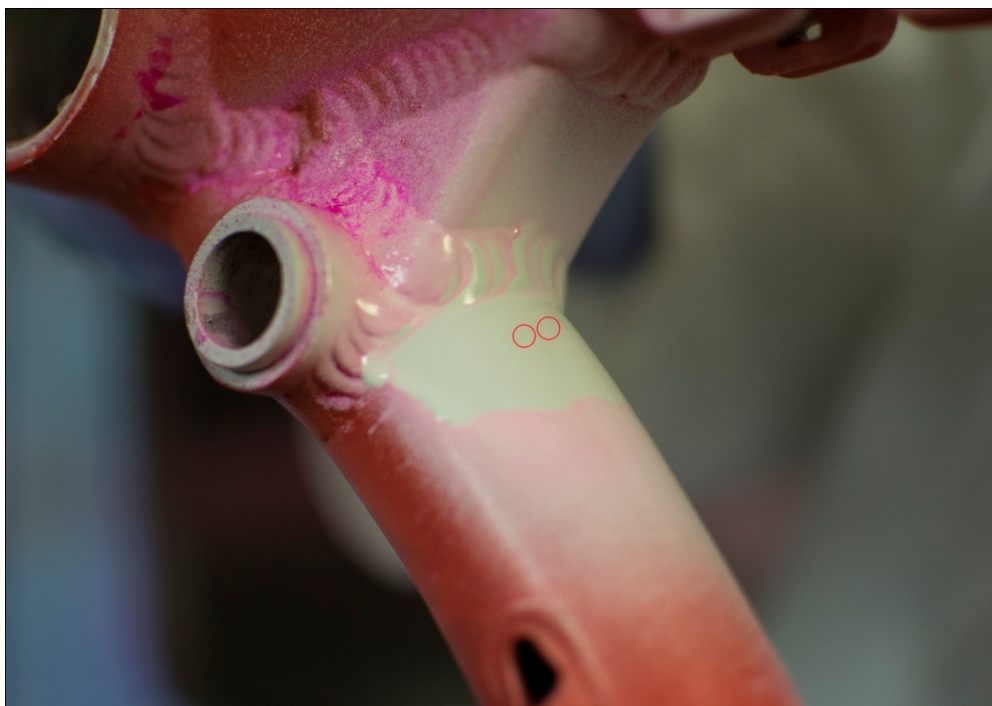
Vrstva penetrantu PFINDER 860 na povrchu rámu má fialovou barvu. Doba penetrace záleží na okolní teplotě. Ve standartních podmínkách jako byly při mé zkoušce je tato doba specifikována normou ČSN EN ISO 3452-2 na 5 až 30 minut.



Obr. 50 Aplikovaná vývojka na rámu

Vrstva rychleschnoucí vývojky PFINDER 871 na rámu slouží k indikaci defektů v materiálu. Ty se zobrazí jako fialové až růžové skvrny, případně vlákna. Dle jejich tvaru lze odhadnout druh defektu.

Zkouška byla provedena celkem dvakrát, u druhé zkoušky penetrant působil 20 minut a vývojka 5 minut. To z důvodu, že při první zkoušce se indikační kapalina roztekla a nebylo tak zcela zřejmé místo s trhlinou.



Obr. 51 V kroužcích jsou zaznačena 2 místa s indikací, jedná se o malé defekty, nejpravděpodobněji se jedná o póry v materiálu

Kontrolou rámu po provedení kapilární zkoušky jsem zjistil 2 malé defekty nad svarem přidané výztuhy. Zřejmě se jedná o indikaci pórů v materiálu. Trhlina, která byla objevená na rentgenových snímcích, se penetrační zkouškou nepodařila zjistit.



Obr. 52 Zkoumání rámu pomocí UV světla neodhalilo žádné další defekty

Pro jistotu jsem rám zkontroloval i pod UV světlem. Tato kontrola však žádné další defekty neodhalila.

7. Závěr

Úkolem mé práce byla technická diagnostika celoodpružených rámců Rock Machine Blizzard 27,5“ a Rock Machine Blizzard 29“ modelového ročníku 2015 a z ní určit příčinu vzniku prasklin na těchto rámech.

Má práce tak spočívala v užití nedestruktivní diagnostiky pomocí vizuální kontroly, rentgenování a pomocí metody vířivých proudů. S využitím těchto metod jsem zjistil, že hlavní příčinou vzniku prasklin rámu není špatný konstrukční návrh, ale špatný postup ve výrobním procesu. Na rentgenových snímcích se ukázalo, že svary pod lakem jsou plné vměstků, pórů a trhlin nepřipustných v konstrukci. Tyto defekty jsem odhalil u obou rámců, jak starého, tak i nového nepoužívaného kusu. Přítomnost trhlin jsem si také ověřil pomocí metody vířivých proudů. Důležitým také bylo objevení již přítomné praskliny nového rámu nad svarem přidané výztuhy.

Po odhalení těchto defektů jsem se rozhodl otestovat nový rám dle normy pro zkoušení rámců jízdních kol ČSN ISO EN 4210:2016. Pro zkoušku jsem si vybral metodu, při které je zatížení směřováno na sedlovou trubku a simuluje tak zatížení od jezdce při jízdě. Byla to cyklická únavová zkouška s rámem otočně uchyceným za zadní osu a posuvně uloženou osou vidlice. Touto zkouškou prošel rám úspěšně, neboť následná vizuální kontrola neodhalila žádné defekty na povrchu rámu.

Nový rám jsem také prověřil metodou kapilárních zkoušek, abych objevil případné defekty pod lakem v místě, na kterém rentgen odhalil trhlinu nad svarem přidané výztuhy. Kapilární zkoušku jsem provedl dle normy ČSN EN ISO 3452-2. Touto zkouškou jsem objevil 2 malé defekty, zřejmě póry v materiálu. Prasklina nad svarem výztuhy se cyklickou únavovou zkouškou na povrch nerozšířila a ani kapilární zkouška ji neodhalila.

Příčina vzniku defektů není s největší pravděpodobností důsledkem špatně navržené konstrukce, ale je důsledkem neprofesionálně provedených svarových spojů, ve kterých se objevují různé vměstky a póry, případně trhliny, které se dále materiálem šíří. Tyto defekty vznikají při ručním svařování pracovníky v továrně, nejedná se tedy o zcela kvalifikované specialisty. Přestože rám vyhověl vytipovaným zkouškám, doporučuji výrobcí zpřísnění výstupní kontroly a upozornění továrny na kvalitativní problémy s provedením svárů. Rovněž doporučuji provádění testů sériové produkce v nezávislé zkušební laboratoři.

8. Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce, panu Doktoru Blatovi a jeho kolegovi Ing. Šeděnkovi za nedocenitelnou pomoc při vypracovávání této práce. Bez jejich kontaktů bych rozhodně nebyl schopný se k diagnostickým technologiím v takové míře dostat.

Poděkování patří firmě Bike Fun International s.r.o. za poskytnutí vzorových kusů rámu pro testování a konzultace a také za příležitost provést diplomovou práci v oboru, který je mi zároveň koníčkem. Dík tak patří zejména Ing. Lavičkovi a p. Spěšnému.

Chtěl bych také poděkovat firmě ATG – Advanced Technology Group s.r.o. za možnost využití jejich zkušebních zařízení a konzultace.

Dále bych chtěl poděkovat firmě CZtesting s.r.o., zejména Ing. Kokešovi za velikou pomoc při testování rámu únavovými zkouškami v laboratorních podmínkách a také za konzultace, které mi pomohly k dokončení diplomové práce.

9. Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1	Logo firmy Bike Fun International s.r.o.....	11
Obr. 2	Logo firmy Rock Machine	12
Obr. 3	Zkoušení materiálu ultrazvukem	15
Obr. 4	Princip zkoušky ultrazvukem	16
Obr. 5	Film se zobrazením vady.....	16
Obr. 6	Princip zkoušky RTG	17
Obr. 7	Metoda vířivých proudů v praxi, s referenční destičkou.....	18
Obr. 8	Princip kapilární zkoušky	19
Obr. 9	Legenda k označení materiálu rámu.....	21
Tab. 1	Chemické složení slitiny Al6061.T6	22
Tab. 2	Mechanické vlastnosti Al6061.T6.....	23
Obr. 10	Princip virtuálního zavěšení zadní stavby s vyznačenou pozicí virtuálního čepu v klidovém stavu (tlumič nestlačený)	24
Obr. 11	Virtuální zavěšení zadní stavby s vyznačenou pozicí virtuálního čepu při maximální zatížení rámu (tlumič zcela stlačený).....	25
Obr. 12	Princip tváření trubek pomocí hydroformingu	26
Obr. 13	Schéma svařování technologií TIG/WIG	27
Tab. 3	Hodnoty pro trvalou deformaci (padající hmota), rozměry v milimetrech	29
Obr. 14	Rám a vidlice, sestava pro nárazovou zkoušku (padající hmota), rozměry v milimetrech	30
Tab. 4	Hodnoty pro trvalou deformaci (padající rám), rozměry v milimetrech.....	31
Obr. 15	Rám a vidlice, sestava pro nárazovou zkoušku (padající rám), rozměry v milimetrech	32
Tab. 5	Zatěžující síla na rám od šlapání, hodnoty v Newtonech.....	33
Obr. 16	Rám a vidlice, sestava pro zkoušku zatížením od šlapání, rozměry v milimetrech	34
Tab. 6	Zatěžující síla na osu předního kola a počet cyklů pro daný typ jízdního kola, hodnoty v Newtonech	35

Obr. 17	Sestava rámu a vidlice pro cyklickou únavovou zkoušku s horizontálně působící silou	35
Tab. 7	Zatěžující síla na sedlovou trubku, hodnoty v Newtonech	36
Obr. 18	Schéma zkoušení rámu jízdního kola cyklickou silou	37
Obr. 19	Vzorový kus rámu bez poškození Blizzard 27,5	39
Obr. 20	Vzorový kus rámu s prasklinami Blizzard 29	40
Obr. 21	Prasklina v místě napojení horní rámové trubky na sedlovou trubku	41
Obr. 22	Prasklina okolo sváru sedlové trubky a středového složení	42
Obr. 23	Výztuha na rámu Blizzard 27, v kroužku zaznačen kráter ve svaru.....	43
Obr. 24	V průběhu výroby přidaná výztuha spoje sedlové trubky a středového složení se spodní rámovou trubkou	44
Tab. 8	Technické parametry rentgenu Balteau CERAM235	45
Obr. 25	Zařízení rentgenu CERAM235 na výškově stavitelném rámu.....	46
Obr. 26	Rám Rockmachine Blizzard 29 umístěný pod čočku rentgenu CERAM235....	47
Obr. 27	Rentgenování praskliny sedlové trubky na starém rámu.....	47
Obr. 28	Rentgenování rámu v oblasti spoje mezi sedlovou a horní rámovou trubkou, těsně vedle čepu horního vahadla	48
Obr. 29	Rentgenování svarů výztuhy novějšího rámu shora	49
Obr. 30	Rentgenování nového rámu Blizzard 27, paprsek je zaměřen na svary přidané výztuhy z boku.....	50
Obr. 31	Blizzard 29, pohled na napojení horní rámové a sedlové trubky, čep horního vahadla s ložisky.....	51
Obr. 32	Blizzard 29 napojení horní rámové a sedlové trubky	52
Obr. 33	Blizzard 27, pohled na svarový spoj horní rámové a sedlové trubky. Bílá skvrna je horní čep vahadla.	53
Obr. 34	Blizzard 27, pohled zepředu na napojení horní rámové a sedlové trubky s čepem horního vahadla.....	54
Obr. 35	Blizzard 27, pohled zepředu na napojení horní rámové a sedlové trubky s čepem horního vahadla.....	55

Obr. 36	Blizzard 27. Detail výztuhy mezi spodní rámovou, sedlovou trubkou a pouzdem středového složení se spodním čepem vahadla.	56
Obr. 37	Blizzard 27. Pohled z vrchu na výztuhu nového provedení rámu.	57
Obr. 38	Blizzard 27. Pohled na rám zezadu.	58
Obr. 39	Přidaná výztuha z boku.	59
Obr. 40	Detailní snímek rámu Blizzard 27 v oblasti napojení hlavové trubky a horní/spodní rámové trubky. 13 AL EN je označení radiografických měrek.	60
Obr. 41	Vlevo princip metody vířivých proudů, vpravo náhradní transformátorové zapojení kde M je vzájemná indukčnost.	61
Obr. 42	Zkoumání celistvosti materiálu v místě, kde jsme věděli, že není žádný defekt. Na obrazovce je odezva vířivých proudů bez chyby.	62
Obr. 43	Diagnostika vířivými proudy aplikovaná v místě, kde rentgen zobrazil prasklinu nad svarovou housenkou.	63
Obr. 44	Uchycení rámu jízdního kola v rámu z Al profilů s vyznačením vazeb a zatěžující síly.	65
Obr. 46	Pneumatický válec působící na sedlovou trubku.	66
Obr. 47	Měření pružné deformace na pouzdru středového složení při maximální působící síle.	67
Obr. 48	Zkoumané místo na rámu, pohled z pravé strany. V kroužku je zaznačené místo, ve kterém se má nacházet trhlina.	68
Obr. 49	Vrstva penetrantu na povrchu materiálu.	69
Obr. 50	Aplikovaná vývojka na rámu.	69
Obr. 51	V kroužcích jsou zaznačena 2 místa s indikací, jedná se o malé defekty, nejpravděpodobněji se jedná o póry v materiálu.	70
Obr. 52	Zkoumání rámu pomocí UV světla neodhalilo žádné další defekty.	71

10. Použitá literatura

ULLMAN, J.: Nedestruktivní zkoušení materiálů: všeobecné znalosti. 1.vyd. Ostrava: PTS Josef Solnař, 1995. 43s

JENČÍK, J. – VOLF, J. A KOL.: Technická měření. ČVUT v Praze 2003, 212s., ISBN 80-01-02138-6

MILÁČEK, S.: Měření a vyhodnocování mechanických veličin. ČVUT v Praze 2001, 231s., ISBN 80.01-02417-2

KREIDL, M. – ŠMÍD, R.: Senzory neelektrických veličin: Technická diagnostika. 1.vyd. Praha: BEN – technická literatura, 2006, 408s. ISBN 80-7300-158-6

VĚCHET, M. a kol.: Defektoskopie v otázkách a odpovědích SNTL Praha 1989, 1.vyd., 323s., ISBN 80-03-00100-5

ČSN EN ISO 4210 Jízdní kola – bezpečnostní požadavky na jízdní kola

KOPEC, B. – ŠMÍD, R.: Nedestruktivní zkoušení materiálů a konstrukcí: Nauka o materiálu IV. 1.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 571s. ISBN 978-80-7204-591-4

Podklady poskytnuté firmou Bike Fun International s.r.o.

11. Přílohy

Příloha 1 – Protokol o zkoušce – Cyklická únavová zkouška rámu jízdního kola Rock Machine Blizzard 27,5“ 2015

Příloha 2 – Protokol o zkoušce – Kapilární zkoušky rámu jízdního kola Rock Machine Blizzard 27,5“ 2015